



Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Engenharia de Software

# Melhoria de um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade

Autores: Ailamar Alves Guimarães  
Heron Rodrigues Sousa  
Orientador: Dr. André Barros de Sales

Brasília, DF  
2023





Ailamar Alves Guimarães  
Heron Rodrigues Sousa

## **Melhoria de um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software .

Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Dr. André Barros de Sales  
Coorientador: Dra. Fabiana Freitas Mendes

Brasília, DF  
2023

---

Ailamar Alves Guimarães  
Heron Rodrigues Sousa

Melhoria de um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade/ Ailamar Alves Guimarães  
Heron Rodrigues Sousa. – Brasília, DF, 2023-  
99 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Dr. André Barros de Sales

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA , 2023.

1. Mecanismos de usabilidade. 2. Interação Humano-Computador. I. Dr. André Barros de Sales. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Melhoria de um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade

CDU 02:141:005.6

---

Ailamar Alves Guimarães  
Heron Rodrigues Sousa

## **Melhoria de um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade**

Monografia submetida ao curso de graduação  
em Engenharia de Software da Universidade  
de Brasília, como requisito parcial para ob-  
tenção do Título de Bacharel em Engenharia  
de Software .

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 05 de abril de 2023:

---

**Dr. André Barros de Sales**  
Orientador

---

**Dra. Fabiana Freitas Mendes**  
Coorientadora

---

**Dr. Edgard Costa Oliveira**  
Convidado 1

---

**Me. Eduardo Gabriel Queiroz  
Palmeira**  
Convidado 2

Brasília, DF  
2023



**Este trabalho é dedicado aos futuros estudantes da Ciência da Computação,  
especificamente para a disciplina de Interação Humano-Computador.**



# Agradecimentos

Eu, Ailamar Alves Guimarães, agradeço aos meus pais, Aíla e Osmar, pela confiança e apoio incondicional. Aos meus irmãos Gláucia e Roberto que sempre estiveram ao meu lado incentivando nos estudos. Aos meus amigos Aline e Matheus que me acompanharam e proporcionaram ótimos momentos de crescimento e aprendizagem ao longo da faculdade. Aos meus amigos Ana Julia, Agatha e Hugo, que sempre acreditaram no meu potencial e por todo apoio e paciência. Um agradecimento especial aos nossos orientadores Dr. André Barros de Sales e Dra. Fabiana Freitas Mendes por aceitar conduzir nosso trabalho de pesquisa e por toda ajuda ao longo do processo. E a todos amigos e familiares que, de alguma forma, me acompanharam ao longo deste trabalho.

Eu, Heron Rodrigues Sousa, primeiramente agradeço aos meus pais, Ângela e Paulo, por todo apoio. Agradeço a todos os professores que compartilharam seus conhecimentos e conselhos durante a graduação, especialmente o orientador Dr. André Barros de Sales e a coorientadora Dra. Fabiana Freitas Mendes. Agradeço também a todos os amigos, colegas e servidores da universidade que participaram da graduação.

Agradecemos a todos os professores do curso de Engenharia de Software da Universidade de Brasília pela excelência da qualidade técnica de cada um que nos ajudaram a chegar até aqui. Ao criador do jogo PersonaDesignGame, Rossicler por aceitar nossa proposta e pela documentação disponibilizada. E por fim, agradecemos aos alunos João Pedro Cirqueira e Moacir Junior pela contribuição na avaliação do jogo PDG.



# Resumo

O ensino de Interação Humano-Computador (IHC) provê o usuário e o computador estarem em um diálogo com o objetivo de realizar alguma tarefa. Duas características muito importantes dentro de IHC são a usabilidade e a acessibilidade. Usabilidade tem o objetivo de aprimorar a experiência de uso e pode ser abordada através de características e seus respectivos subtipos, denominados mecanismo de usabilidade. A acessibilidade digital busca permitir que o maior número possível de usuários possa utilizar um sistema independente de suas limitações. Uma das abordagens de ensino da disciplina de IHC tem sido o foco na educação através dos jogos sérios. O objetivo deste trabalho é propor melhorias em um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade relacionados à acessibilidade. O jogo selecionado para avaliação foi PersonaDesignGame. A pesquisa foi desenvolvida nas seguintes etapas: revisão bibliográfica; definição da metodologia; avaliação do jogo; e proposta e implementação das melhorias. Durante a revisão bibliográfica foi feito um estudo sobre os principais conceitos deste trabalho, obtendo o referencial teórico. Os resultados da avaliação possibilitaram os requisitos elicitados para melhoria do jogo, a prototipação e a definição da arquitetura. Com isso, foram desenvolvidas as melhorias. Algumas dessas melhorias foram: nova identidade visual, um design mais *clean* para o jogo e aprimoramento dos mecanismos definidos (execução passo-a-passo, preferências e ajuda multinível) se adequando à critérios de usabilidade e acessibilidade.

**Palavras-chaves:** Usabilidade; Interação Humano-Computador; Ensino-Aprendizagem; Acessibilidade.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – EAP. . . . .	24
Figura 2 – Fluxograma das etapas de pesquisa. . . . .	25
Figura 3 – Tela de perguntas PersonaDesignGame. . . . .	34
Figura 4 – Universidade das Heurísticas. . . . .	35
Figura 5 – Fluxograma da avaliação. . . . .	39
Figura 6 – Fluxograma das etapas metodológicas. . . . .	41
Figura 7 – Tela menu principal original. . . . .	57
Figura 8 – Tela menu principal média fidelidade. . . . .	58
Figura 9 – Tela menu principal alta fidelidade. . . . .	59
Figura 10 – Tela de configurações média fidelidade. . . . .	60
Figura 11 – Tela de configurações alta fidelidade. . . . .	60
Figura 12 – Tela com instruções do jogo media fidelidade. . . . .	61
Figura 13 – Tela com instruções do jogo alta fidelidade. . . . .	62
Figura 14 – Tela de perguntas original. . . . .	63
Figura 15 – Tela de perguntas alta fidelidade. . . . .	64
Figura 16 – Dica para a pergunta média fidelidade. . . . .	65
Figura 17 – Dica para a pergunta alta fidelidade. . . . .	65
Figura 18 – Arquitetura MVC para lidar com as configurações de preferências do usuário. . . . .	67
Figura 19 – Arquitetura MVC para as dicas de cada questão. . . . .	67
Figura 20 – Arquitetura MVC para a conclusão de cada fase. . . . .	68
Figura 21 – Diagrama Entidade-Relacionamento do “persona-game-api”. . . . .	69
Figura 22 – Diagrama Entidade-Relacionamento do “games-qa-api”. . . . .	70
Figura 23 – Menu principal final do PDG. . . . .	72
Figura 24 – Tela de configurações final do PDG. . . . .	73
Figura 25 – Menu principal com efeito de alto contraste. . . . .	74
Figura 26 – Menu principal com aumento do tamanho da fonte. . . . .	74
Figura 27 – Tela com instruções do jogo alta fidelidade. . . . .	75
Figura 28 – Tela de perguntas alta fidelidade. . . . .	76
Figura 29 – Dica para a pergunta. . . . .	77
Figura 30 – Cronograma do TCC1. . . . .	89
Figura 31 – Cronograma do TCC2. . . . .	90
Figura 32 – Tela menu inicial. . . . .	97
Figura 33 – Tela conteúdos. . . . .	98
Figura 34 – Tela recompensas. . . . .	99



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Requisitos funcionais de usabilidade. . . . .	31
Tabela 2 – Interpretação do Coeficiente Kappa. . . . .	43
Tabela 3 – Resultado pré consenso. . . . .	44
Tabela 4 – Avaliação conjunta dos mecanismos de usabilidade. . . . .	45
Tabela 5 – Resultado pós consenso. . . . .	46
Tabela 6 – Correspondências dos mecanismos com princípios de acessibilidade digital. . . . .	51
Tabela 7 – Classificação dos requisitos. . . . .	56
Tabela 8 – Guia para avaliação dos mecanismos de usabilidade. . . . .	92



# Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheet</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IHC	Interação Humano-Computador
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JS	Jogos Sérios
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
PcD	Pessoa com Deficiência
PDG	PersonaDesignGame
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USEP	<i>Usability Elicitation Patterns</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WAVE	<i>Web Accessibility Evaluation Tool</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>



# Lista de símbolos

$\hat{K}$	Coeficiente Kappa
$\hat{P}_0$	Proporção observada da concordância
$\hat{P}_e$	Proporção esperada de k vezes que os avaliadores concordam
$n$	Número total de itens avaliados
$n_i$	Elemento na i-ésima posição na linha da tabela
$n_{ii}$	Elemento na i-ésima posição na diagonal da tabela



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
1.1	Objetivos	22
1.2	Justificativa	22
1.3	Metodologia	23
1.4	Estrutura do Trabalho	26
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>29</b>
2.1	Interação Humano-Computador	29
2.2	Mecanismos de Usabilidade	30
2.3	Jogos de ensino-aprendizagem	32
2.3.1	PersonaDesignGame	33
2.3.2	Universidade das Heurísticas	33
2.4	Acessibilidade digital	34
2.5	Trabalhos Correlatos	36
2.6	Resumo do Capítulo	37
<b>3</b>	<b>AVALIAÇÃO DO PERSONADESIGNGAME</b>	<b>39</b>
3.1	Planejamento da avaliação	40
3.2	Coleta de dados	41
3.3	Análise dos dados	42
3.4	Resumo do Capítulo	46
<b>4</b>	<b>MECANISMOS DE USABILIDADE E ACESSIBILIDADE DIGITAL</b>	<b>49</b>
4.1	Relacionamento dos mecanismos de usabilidade com acessibilidade digital	49
4.2	Classificação dos mecanismos de usabilidade e acessibilidade	51
4.3	Resumo do Capítulo	53
<b>5</b>	<b>PLANEJAMENTO DAS MELHORIAS PARA O PDG</b>	<b>55</b>
5.1	Requisitos	55
5.2	Prototipação	57
5.3	Diagramas de Arquitetura	66
5.4	Modelagem do Banco de Dados	68
5.5	Resumo do Capítulo	70
<b>6</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS PARA O PDG</b>	<b>71</b>
6.1	Condução do Desenvolvimento	71

6.2	Estado Final do Jogo . . . . .	72
6.3	Resumo do Capítulo . . . . .	77
7	CONCLUSÃO . . . . .	79
7.1	Futuras Evoluções . . . . .	80
	REFERÊNCIAS . . . . .	83
	<b>APÊNDICES</b>	<b>87</b>
	APÊNDICE A – CRONOGRAMA . . . . .	89
	APÊNDICE B – GUIA PARA AVALIAÇÃO DOS MECANISMOS DE USABILIDADE . . . . .	91
	<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>
	ANEXO A – TELAS ORIGINAIS PESONADESIGNGAME . . . . .	97

# 1 Introdução

A usabilidade é um atributo de qualidade que visa proporcionar maior satisfação de uso em um sistema. Em outras palavras, ela envolve garantir que um produto de software seja fácil para o usuário navegar, entender e cumprir suas tarefas sem muita dificuldade.

A usabilidade está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso (NIELSEN, 1994a). Esse atributo possibilita aos usuários alcançarem seus objetivos de forma eficiente através da interação com o sistema e utilizando recursos necessários para tal.

Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2007) abordam usabilidade como a medida em que usuários específicos podem usar um produto para sua satisfação, a fim de atingir de forma eficaz e eficiente objetivos específicos em um determinado contexto de uso. Além disso, os autores identificam que os problemas de usabilidade possuem efeitos tanto na arquitetura do software quanto em sua camada de apresentação. Visando evitar esses problemas, dividiram a usabilidade em requisitos funcionais de usabilidade com a intenção de serem utilizados para auxiliar na etapa de elicitação de requisitos.

Com base nas diferentes variedades dos requisitos funcionais, Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2007) decompuseram em subtipos denominados como mecanismos de usabilidade. Esses mecanismos representam funcionalidades a serem implementadas dentro de um sistema de software para aprimorar sua usabilidade.

O uso de jogos digitais desperta interesse entre pesquisadores para estudos da aplicabilidade desses jogos como uma abordagem para o ensino-aprendizagem de conteúdos regulares. Jogos digitais promovem emoções com base nas experiências e situações que propiciam aos jogadores, como entusiasmo, diversão, desafios, frustração e motivação (RAMOS; SILVA; MACEDO, 2020). Além disso, favorecem o desenvolvimento de habilidades cognitivas e podem ser utilizados nos mais diversos contextos.

A usabilidade é importante em jogos digitais porque afeta a capacidade dos jogadores de se envolver e se divertir com o jogo. Um jogo fácil de usar e compreender permite ao usuário se concentrar em jogar e desfrutar da experiência e não em ficar preso ou frustrado com a interface e manuseio do jogo.

A usabilidade também é importante para acessibilidade em jogos digitais, permitindo que jogadores com necessidades especiais possam jogar e desfrutar do jogo, promovendo seu acesso a todos os usuários. Uma maneira de trabalhar isso é através da acessibilidade digital, que expressa a importância das plataformas serem projetadas de modo que todas as pessoas possam perceber, entender, navegar e interagir de maneira

efetiva com as páginas (GOV, 2022).

Esse trabalho faz parte do Projeto de Pesquisa da Universidade de Brasília sobre Recursos Digitais de Ensino Aprendizagem em Interação Humano-Computador<sup>1</sup>. Dentro desse projeto foram desenvolvidos os jogos de ensino-aprendizagem PersonaDesignGame (Seção 2.3.1) e Universidade das Heurísticas (Seção 2.3.2), que auxiliam no estudo de conceitos em IHC.

Visando a continuação desse projeto, o presente trabalho realiza uma avaliação de usabilidade no jogo PersonaDesignGame (PDG). O objetivo é avaliar e propor melhorias para o PDG. Essas melhorias são requisitos funcionais e não funcionais baseados na avaliação dos mecanismos de usabilidade do jogo.

## 1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram divididos em geral e específicos para melhor entendimento dos detalhes a serem explorados. Os objetivos gerais indicam uma direção a seguir e os objetivos específicos tentam descrever, nos termos mais claros possíveis, a visão mais detalhada destes objetivos (GIL et al., 2002).

O objetivo geral deste trabalho é propor melhorias em um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade relacionados à acessibilidade.

Em termos de objetivos específicos, tem-se o detalhamento do desenvolvimento do trabalho:

- **OE1:** Aprimorar os conhecimentos sobre Interação Humano-Computador, mecanismos de usabilidade, jogos de ensino-aprendizagem e acessibilidade digital;
- **OE2:** Avaliar o jogo utilizando-se de mecanismos de usabilidade;
- **OE3:** Definir quais mecanismos de usabilidade serão implementados;
- **OE4:** Projetar e implementar melhorias de usabilidade do jogo.

## 1.2 Justificativa

Esta seção apresenta as justificativas e principais aspectos que levaram a motivação deste trabalho.

A disciplina de IHC aborda critérios de qualidade como usabilidade, experiência do usuário e comunicabilidade. Decorrente disso, a presente dupla se propôs a realizar

---

<sup>1</sup> <https://github.com/RecursosDigitaisdeEnsinoAprendizagemIHC>

uma avaliação da interface de uma aplicação, a fim de analisar sua qualidade, focando no critério de usabilidade e visando melhorias do sistema existente.

No projeto de pesquisa “Recursos Digitais de Ensino Aprendizagem em Interação Humano-Computador”, alguns alunos de Engenharia de Software desenvolveram os jogos de ensino-aprendizagem *PersonaDesignGame* (Seção 2.3.1) e *Universidade das Heurísticas* (Seção 2.3.2), que abordam conceitos da disciplina de IHC.

Os autores desses jogos sugeriram como trabalhos futuros pontos que podem ser melhorados, como a validação do jogo final, para analisar novamente se as metas de experiência foram atingidas.

Foram analisados trabalhos (mais detalhes na Seção 2.5) que já haviam realizado a avaliação de usabilidade em sistemas. Esses trabalhos apresentam contribuições existentes sobre usabilidade e avaliação do impacto dos mecanismos de usabilidade no processo de desenvolvimento do projeto. As análises auxiliaram na realização da avaliação e nas propostas de melhorias de usabilidade nos dois jogos inicialmente selecionados.

A próxima subseção descreve os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

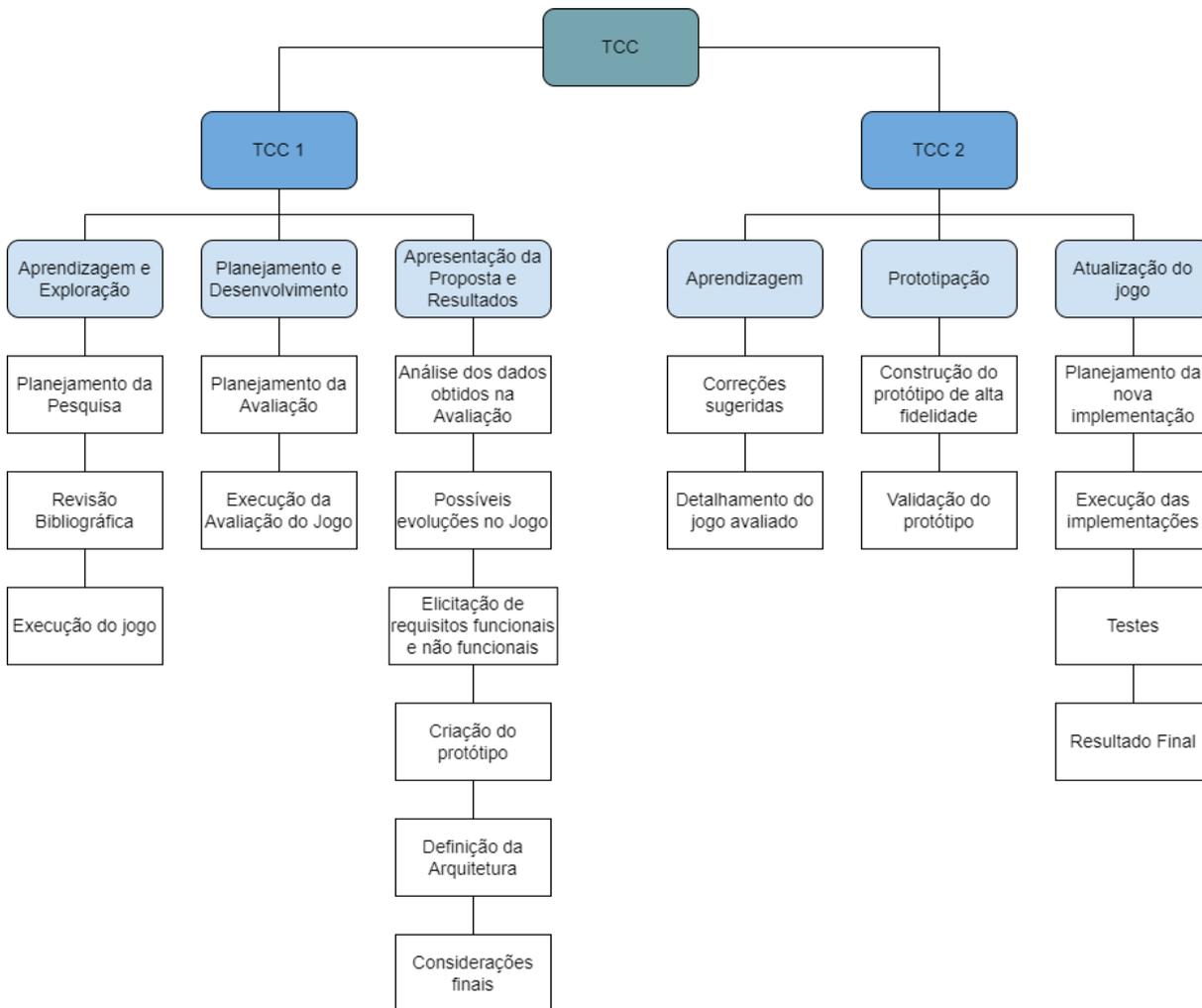
## 1.3 Metodologia

Esta seção apresenta um resumo do processo metodológico do presente trabalho. [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#) classificam uma pesquisa científica quanto a abordagem, natureza, objetivos e procedimentos técnicos adotados.

Este trabalho possui a forma de abordagem de caráter **qualitativo**, pois trata-se de uma pesquisa que pretende analisar os indicadores de usabilidade gerados por meio dos softwares. No que se refere à natureza, é uma pesquisa **aplicada**, já que trata-se de gerar conhecimento para uma aplicação prática, resultando na solução de um problema específico, neste caso, na melhoria baseada nos mecanismos de usabilidade.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi estabelecida a Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Para tal, foi tomado por base a dinâmica do desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso presente no curso de Engenharia de Software, dividida em duas fases: TCC1 e TCC2 (O cronograma de fase esta melhor detalhado no Apêndice A). Essa EAP é composta por etapas e subtarefas conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – EAP.

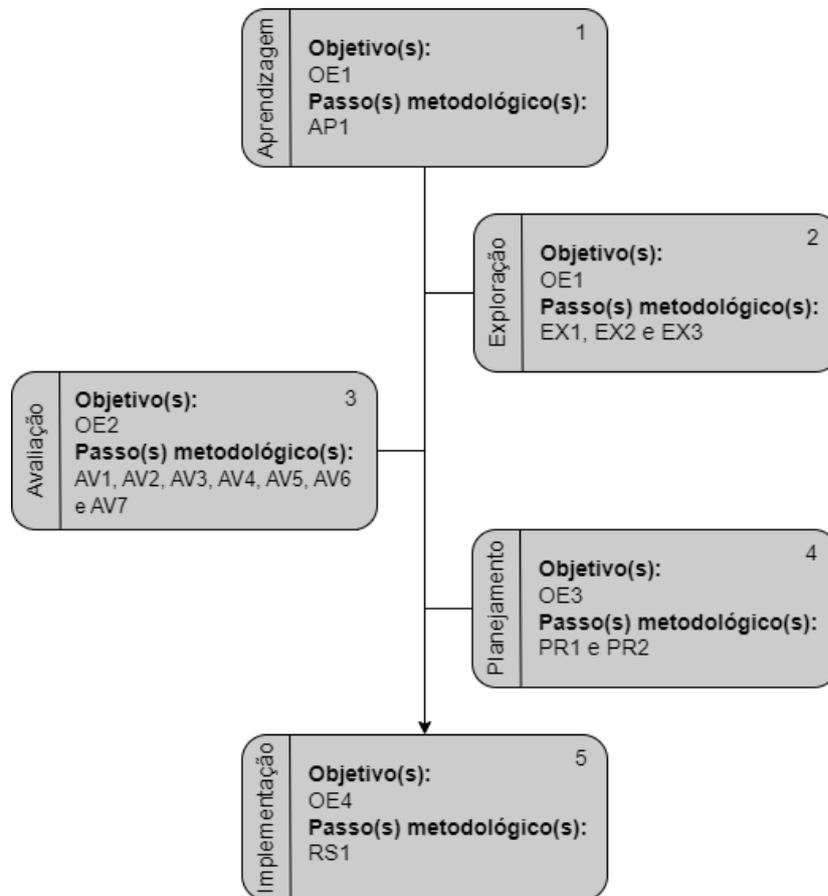


Fonte: Autores.

Cada etapa definida na EAP foi planejada em busca de alcançar os objetivos propostos para o projeto. Este trabalho apresenta as sub etapas descritas para TCC1 e TCC2.

Baseado nos objetivos, as etapas da pesquisa são apresentadas na Figura 2. Essas etapas foram definidas e adaptadas de Branski, Franco e Jr. (2010).

Figura 2 – Fluxograma das etapas de pesquisa.



Fonte: Autores.

Os passos metodológicos indicados na Figura 2, para alcançar os objetivos do trabalho, são melhor detalhados a seguir.

A etapa de **aprendizagem** abrange o Referencial Teórico (Capítulo 2), em que estudou-se os principais conceitos para a elaboração do escopo do projeto e o embasamento para a estruturação do mesmo. Neste período foi concluído o passo metodológico AP1 - Revisão bibliográfica.

Na etapa de **exploração**, realizou-se um estudo da implementação, das tecnologias utilizadas e da arquitetura dos jogos, visando selecionar o jogo mais adequado para a pesquisa. Esse estudo concluiu os passos metodológicos EX1 - Estudo dos jogos; EX2 - Escolha do jogo; e EX3 - Instalação do jogo.

Na etapa seguinte identificou-se os fatores que determinam e contribuem para a **avaliação**, além da importância de desenvolvimento do trabalho e como será conduzida a pesquisa.

Esta etapa engloba os passos: AV1 - Levantamento dos requisitos de usabilidade a serem utilizados; AV2 - Verificação dos Padrões de Elicitação de Usabilidade (*Usability*

*Elicitation Patterns* - USEPs); AV3 - Listagem das informações fornecidas a partir de uma perspectiva de desenvolvimento; AV4 - Elaboração do conjunto de questões e *checklist* discutidos entre os autores desta pesquisa; AV5 - Verificação dos elementos existentes no jogo através do conjunto de questões; AV6 - Comparação da verificação com a dupla parceira de pesquisa; e AV7 - Classificação dos mecanismos relacionados à acessibilidade.

Para o **planejamento** da avaliação, foram realizadas duas partes. A primeira consistiu na análise dos dados do jogo, enquanto a segunda foi um estudo qualitativo utilizando uma técnica definida previamente no planejamento. A partir disso, foram analisados, apresentados e verificados os dados coletados, concluindo, assim, os passos metodológicos “PR1 - Análise e interpretação dos dados” e “PR2 - Sugestão das propostas de melhoria”.

O passo metodológico “RS1 - Implementar melhorias”, da etapa de **implementação**, abrange o desenvolvimento das melhorias propostas na etapa anterior. Os detalhes sobre como foram conduzidos os estudos e as etapas aplicadas em cada fase da pesquisa estão descritos nos Capítulos 3 e 5. A próxima seção apresenta um breve detalhamento de cada capítulo do projeto.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Inicialmente mostrou-se uma visão geral dos conceitos sobre o tema.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, que embasa os principais conceitos presentes neste trabalho: IHC, mecanismos de usabilidade, jogos de ensino-aprendizagem e acessibilidade digital. Nesse mesmo capítulo são apresentados os trabalhos correlatos que aplicam estudos sobre usabilidade de software, utilizados como base para a avaliação.

No Capítulo 3, apresenta-se a metodologia da avaliação, com as etapas e métodos para desenvolvimento do trabalho. Por meio desses métodos, elucida-se como foi aplicada a avaliação do software e como se deu a escolha dos mecanismos de usabilidade evoluídos.

No Capítulo 4 é abordada a relação dos mecanismos de usabilidade com a acessibilidade digital. É descrita a motivação para realizar essa relação, os critérios para definir se um mecanismo de usabilidade pode ou não abordar conceitos de acessibilidade digital com sua implementação e, por fim, o resultado desse relacionamento.

O Capítulo 5 refere-se às propostas de melhorias, onde são apresentados os resultados da avaliação de usabilidade, os mecanismos de usabilidade definidos para serem trabalhados, o levantamento de requisitos, desenvolvimento do protótipo, e as alterações necessárias na arquitetura do software e no banco de dados.

O Capítulo 6 engloba o que de fato foi implementado das melhorias planejadas, e

como se deu essa implementação. Com uma breve descrição, é apresentado o processo de desenvolvimento, o estado final do jogo após as alterações e dificuldades encontradas ao longo do processo.

No Capítulo 7 estão as conclusões dos dois períodos do trabalho, retomando cada etapa realizada, os objetivos alcançados e ideias identificadas para futuras evoluções.



## 2 Referencial Teórico

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica dos conhecimentos estudados no projeto. Na Seção 2.1 são apresentados os conceitos básicos de Interação Humano-Computador (IHC), na Seção 2.2 são descritos os mecanismos de usabilidade e uma breve descrição sobre os jogos de ensino-aprendizagem estão na Seção 2.3. A Seção 2.4 apresenta os conceitos de acessibilidade em software. Na Seção 2.5 têm-se os trabalhos correlatos ao tema e, por fim, é apresentado o resumo deste capítulo.

### 2.1 Interação Humano-Computador

A presente seção descreve os conceitos de IHC utilizados no contexto deste trabalho.

“A Interação Humano-Computador é uma disciplina interessada no projeto, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e com o estudo dos principais fenômenos desse uso” (HEWETT et al., 1992). Em outras palavras, IHC consiste em o usuário e o computador estarem em um diálogo com o objetivo de realizar alguma tarefa (CARD; MORAN; NEWELL, 1983).

Barbosa e Silva (2010) ressaltam que estudar fenômenos de interação entre seres humanos e sistemas nos permite compreendê-los para melhorarmos a construção e inserção das tecnologias na vida das pessoas.

Aumentar a qualidade desses sistemas interativos apresenta vários benefícios para a experiência pessoal do usuário em decorrência do uso e, conseqüentemente, para a sua vida (NORMAN, 1988; BIAS; MAYHEW, 2005).

Barbosa e Silva (2010) alegam que a Engenharia de Software está interessada na construção de sistemas interativos mais eficientes, robustos, livres de erros e de fácil manutenção. Além disso, afirmam que a área de IHC está interessada na qualidade desses sistemas e no seu impacto na vida dos usuários.

A usabilidade é um atributo de qualidade de software que, de acordo com a ISO-9241-210:2019 (2019), é definida como o grau em que um produto é usado por usuários específicos para atingir objetivos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico. Dentro da disciplina de IHC, a usabilidade trata do projeto de sistemas fáceis de aprender e usar (PREECE; ROMBACH, 1994).

Para Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2007), a usabilidade é a medida em que usuários podem usar um produto para sua satisfação, a fim de atingir objetivos em um

contexto específico de uso. Ainda segundo os autores, a palavra usabilidade também se refere a métodos para melhorar a facilidade de uso durante o processo de design.

[Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#) abordam a usabilidade sendo segmentada em características para avaliar seu impacto na arquitetura de software. A partir dessas características, os autores identificaram seus subtipos, denominados mecanismos de usabilidade. Na próxima seção estão descritas estas características de usabilidade e seus respectivos mecanismos de usabilidade.

## 2.2 Mecanismos de Usabilidade

Segundo [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#), durante muito tempo, os engenheiros de software trataram a usabilidade como sendo uma parte na camada de apresentação do sistema, separada de suas funcionalidades. Com isso, possíveis alterações na interface do usuário não afetariam o restante da aplicação. Entretanto, os problemas de usabilidade possuem efeitos tanto na arquitetura do software quanto na camada de apresentação.

[Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#) segmentaram a usabilidade em características de usabilidade. Estas podem ser utilizadas para auxiliar nas etapas iniciais do desenvolvimento do software, prevenindo possíveis problemas que poderiam resultar em retrabalho ao final do desenvolvimento do projeto.

Autores de IHC, como [Tidwell \(1999\)](#), [Welie, Veer e Eliëns \(2001\)](#), [Coram e Lee \(1996\)](#), entre outros, identificaram variedades dessas características de usabilidade. [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#) denominam essas variantes como mecanismos de usabilidade, que correspondem a uma características específica. Esses mecanismos podem ser funcionalidades (ou recursos) projetados para melhorar a facilidade de uso e a aprendizagem do sistema.

Essas funcionalidades devem - de acordo com a comunidade de IHC - ser implementadas dentro de um sistema de software para aprimorar sua usabilidade ([FERREIRA et al., 2019](#)).

[Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#) identificaram elementos comuns para a implementação de alguns desses mecanismos. A partir desses elementos, foram elaborados padrões reutilizáveis para a implementação dos mecanismos de usabilidade.

Embora existam maneiras diferentes de implementar um mecanismo de usabilidade, acredita-se que para a proposta deste trabalho, não irá diferir muito do proposto por [Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#), que foi utilizado como base na implementação dos mecanismos selecionados.

A Tabela 1 apresenta as características de usabilidade, seus respectivos mecanismos

e o objetivo que cada mecanismo busca alcançar. As descrições foram adaptadas de [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#) e traduzidas para o português.

Tabela 1 – Requisitos funcionais de usabilidade.

<b>Características de usabilidade</b>	<b>Mecanismo de usabilidade</b>	<b>Objetivos</b>
Informar o estado do sistema	Estado do sistema	Informar aos usuários qual é o estado do sistema.
	Interação	Informar aos usuários que o sistema registrou uma interação do usuário, ou seja, que um sistema ouviu os usuários.
	Alerta	Informar ao usuário sobre qualquer ação com consequências importantes.
	Informar sobre longa ação	Informar ao usuário que o sistema está processando uma ação que leva algum tempo para ser concluída.
Cancelar / Desfazer	Desfazer global	Desfazer ações do sistema em vários níveis.
	Abortar operação	Cancelar a execução de qualquer ação ou toda aplicação.
	Voltar	Voltar a um estado específico em uma sequência de execução de comandos.
Prevenção / Correção de erros de entrada do usuário	Entrada de texto estruturada	Ajudar a evitar que os usuários cometam erros de entrada de dados.
Guiar o usuário	Execução passo a passo	Ajudar o usuário realizar tarefas que exigem etapas diferentes com a entrada do usuário e corrigi-la.
Perfil de usuário	Preferências	Registrar as opções de cada usuário para usar as funções do sistema.
	Área de objetos pessoais	Registrar as opções de cada usuário para usar a interface do sistema.
	Favoritos	Gravar determinados locais de interesse para diferentes usuários.
Ajuda	Ajuda multinível	Fornecer diferentes níveis de ajuda para diferentes usuários
Agregação de comando	Agregação de comando	Expressar possíveis ações a serem tomadas com o software através de comandos que podem ser construídos a partir de peças menores

Fonte: Adaptado de [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#).

Os mecanismos de usabilidade indicados na Tabela 1 foram utilizados na avaliação de usabilidade dos jogos.

As características “informar o estado do sistema” e “guiar o usuário” são abordados na literatura como *feedback* e *wizard*, respectivamente. Para um melhor entendimento, estes requisitos estão citados com essas nomenclaturas em português.

## 2.3 Jogos de ensino-aprendizagem

Esta seção discorre sobre os jogos de ensino-aprendizagem e a apresentação dos jogos tratados neste trabalho.

Os Jogos Sérios (JSs) são jogos em que o objetivo primário não é divertir, mas sim, aprimorar o interesse pela aprendizagem (PRENSKY, 2003). Esses jogos podem ser aplicados aos mais diversos segmentos, sendo um deles na educação, a partir dos jogos de ensino-aprendizagem.

Belarmino et al. (2021) afirmam que jogos ensino-aprendizagem têm sido cada vez mais utilizados como apoio ao aprendizado. De acordo com Silva (2012), esses jogos fornecem uma importante contribuição à aprendizagem, pois são ambientes capazes de disseminar informações. Também, são eficientes ferramentas instrucionais que possibilitam divertir e engajar o usuário, facilitar o aprendizado e aumentar a capacidade de retenção de conhecimento.

O uso de jogos digitais tem influenciado estudos da atuação desses jogos para o ensino-aprendizagem. Anastasiadis, Lampropoulos e Siakas (2018) ressaltam que os JSs proporcionam alterações positivas e inovadoras ao ensino para a atual geração de estudantes.

Esses jogos aplicados a contextos educacionais precisam conter objetivos pedagógicos bem definidos, seguindo uma metodologia como orientação do processo (PRIETO et al., 2005). Seu uso promove diferentes emoções, com base nas experiências e situações que propiciam aos jogadores, como entusiasmo, diversão, desafios, frustração e motivação (DUTRA et al., 2021). Além disso, favorecem o desenvolvimento de habilidades cognitivas.

A prática docente que utiliza o jogo como uma ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem, além de permitir a integração de diferentes áreas do conhecimento, oferece algumas vantagens como ludicidade, cooperação, participação, prazer e motivação (RODRIGUES, 2012).

Em semestres anteriores na Universidade de Brasília, foram desenvolvidos jogos de ensino-aprendizagem como TCC. Esses jogos são o PDG e o Universidade das Heurísticas. Ambos abordam conteúdos da disciplina IHC. Um desses jogos será avaliado durante o desenvolvimento deste projeto, visando melhorar sua usabilidade através da utilização dos

mecanismos de usabilidade.

### 2.3.1 PersonaDesignGame

Desenvolvido por [Junior \(2021\)](#), o PDG é um jogo digital web que tem como finalidade auxiliar o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos sobre personas em IHC.

O jogo utiliza a técnica de perguntas e respostas para desenvolver o conteúdo abordado. As perguntas utilizadas na aplicação são formadas por questões do tipo verdadeiro ou falso e de múltipla escolha. O PDG possui formato 2D, com perspectiva em primeira pessoa e modo de jogo *single player*. O público-alvo são alunos de graduação e pós-graduação em cursos da área de Ciência da Computação.

O objetivo do jogo é ensinar o conteúdo sobre personas enquanto o usuário joga. O menu inicial ([Anexo A](#)) é responsável por dar acesso ao ambiente de perguntas. O usuário progride no jogo ao responder às perguntas seguindo o fluxo apresentado na [Figura 3](#).

O PDG também possui o ambiente de resumos ([Anexo A](#)), em que o jogador tem acesso ao conteúdo sobre as personas e um ambiente de recompensas ([Anexo A](#)), onde são apresentadas as medalhas obtidas e as personas com seus respectivos *cards*. A obtenção dos *cards* são através de etapas finalizadas com sucesso.

Na partida, o jogador possui acesso a uma fase liberada do jogo, cada fase possui cinco perguntas a serem respondidas ([Figura 3](#)). Ao iniciar a partida, o usuário deve responder cada uma das perguntas dentro de um tempo pré-determinado de cinco minutos.

Para completar a fase, o jogador deve responder corretamente pelo menos três das cinco perguntas de cada etapa, dentro do tempo limite; caso contrário, a fase deve ser jogada novamente. O processo se repete para todas as fases até que o jogador conclua o jogo.

A plataforma foi desenvolvida em 2021, considerando o uso do jogo em plataforma web ou um aplicativo desktop. As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento foram ReactJS e NodeJS.

### 2.3.2 Universidade das Heurísticas

Universidade das Heurísticas ([OLIVEIRA; NAVES, 2021](#)) é um jogo para navegadores web, com o intuito de auxiliar o ensino-aprendizagem das heurísticas de usabilidade de Nielsen.

Assim como o PDG, a Universidade das Heurísticas também utiliza a técnica de perguntas e respostas do tipo múltipla escolha e verdadeiro ou falso.

Figura 3 – Tela de perguntas PersonaDesignGame.



Fonte: Junior (2021).

Ao iniciar o jogo e selecionar um projeto sobre o tema, é apresentado ao jogador uma pergunta aleatória (Figura 4); ao respondê-la, é informado se a resposta estava correta ou não e a pontuação atingida.

Durante a partida, é necessário que o jogador atinja uma porcentagem mínima, dentre as dez perguntas, para ter acesso ao próximo projeto; caso não atinja, poderá reiniciar a fase.

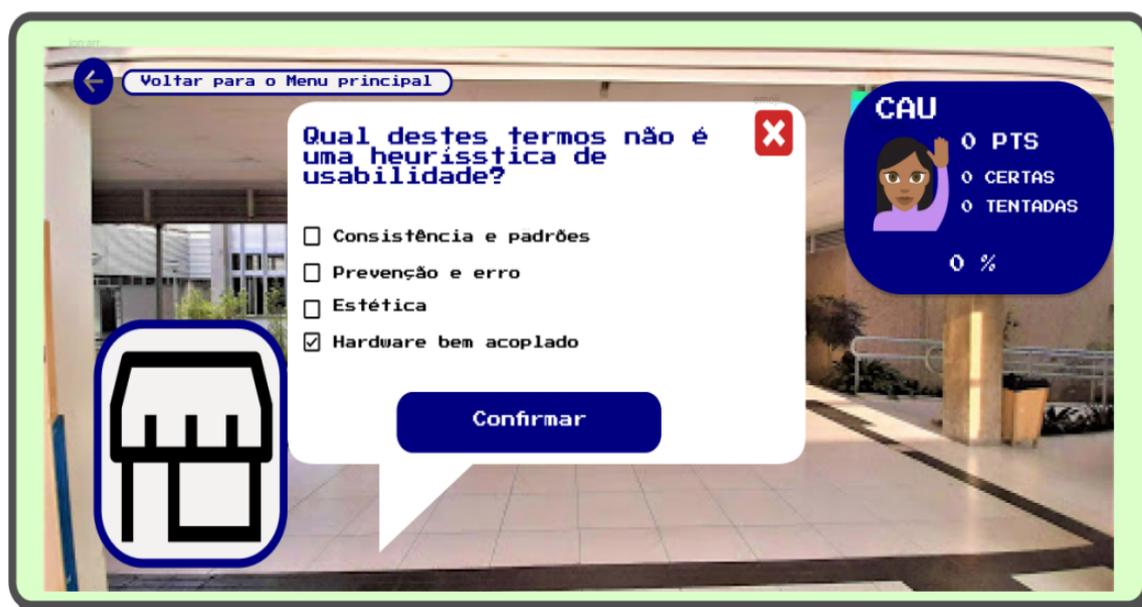
Para seu desenvolvimento, foram utilizadas as tecnologias React e Node.js.

## 2.4 Acessibilidade digital

Acessibilidade é a medida em que produtos, sistemas, serviços, ambientes e instalações podem ser usados por pessoas, com a mais ampla variedade de características e capacidades, em função de atingir um objetivo específico (ISO-26514:2019, 2008). Apesar do termo abordar usuários que possuem deficiência, o conceito não se limita a questões de deficiência. A variedade de capacidades inclui, por exemplo, dificuldades associadas com o avanço da idade (ISO-9241-171:2008, 2008).

Barbosa e Silva (2010) ressaltam que cuidar da acessibilidade significa permitir que mais pessoas possam interagir com o sistema, tenham elas alguma deficiência ou não. Para evitar barreiras, a acessibilidade *web* promove soluções que permitem diversidade,

Figura 4 – Universidade das Heurísticas.



Fonte: Oliveira e Naves (2021).

flexibilidade e independência de dispositivos (HARPER; YESILADA, 2008).

Sistemas com a implementação da acessibilidade digital democratizam o acesso, garantem o entendimento e o controle da navegação dos usuários aos conteúdos, independentemente das suas capacidades físico-motoras e perceptivas, culturais e sociais (GOV, 2022).

Para promover a acessibilidade digital, há algumas diretrizes e recomendações que contribuem no desenvolvimento de conteúdo *web* de forma acessível, como a WCAG<sup>1</sup> 2.1 (*Web Content Accessibility Guidelines*).

A WCAG 2.1 (WCAG, 2018) descreve como os princípios da acessibilidade tornam um conteúdo perceptível, operável, compreensível e robusto.

Ambos os jogos citados na Seção 2.3 foram desenvolvidos para plataformas *web*, o que possibilita a verificação dessas diretrizes e recomendações, visando garantir que essas aplicações sejam utilizadas pelos mais diversos tipos de usuário. Considerando que a educação é um direito universal, é imprescindível levar em conta aspectos de acessibilidade ao se criar jogos e tecnologias para este ambiente (TORRENTE et al., 2012).

Nesse contexto, os jogos digitais de ensino-aprendizagem também podem atender aos critérios de acessibilidade digital. Uma forma de abordar estes critérios é aplicar o processo de inserção de características de acessibilidade durante o fluxo de desenvolvimento das melhorias propostas para o jogo.

<sup>1</sup> <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

## 2.5 Trabalhos Correlatos

Existem vários trabalhos que aplicam estudos sobre usabilidade de software. Neste capítulo, são apresentados trabalhos que aplicam o estudo dos mecanismos de usabilidade de software em aplicações *web*.

Com o objetivo de classificar as contribuições na área de usabilidade de software, [Almazroi \(2021\)](#) examina criticamente a produtividade geral de pesquisas, dados demográficos e desafios de usabilidade de software. O resultado do mapeamento identificou que experimentos e avaliações teóricas são as técnicas de validação mais comuns. Em termos de domínios de aplicação *web*, desenvolvimento de software e aplicações móveis são os domínios mais frequentes onde são realizados estudos de usabilidade. Juntamente disso, foi identificado que futuros estudos de usabilidade devem se concentrar mais em estudos de campo, bem como em testes de usabilidade de pacotes de software científicos.

[Ferreira et al. \(2019\)](#) realizaram um estudo empírico para avaliar o impacto de três mecanismos de usabilidade (Cancelar/Desfazer, Informar o estado do sistema e Perfil do Usuário) em um *e-commerce* *web*. O objetivo da pesquisa era saber se a adoção dos mecanismos teriam impacto na usabilidade da aplicação. O estudo mediu a eficiência, eficácia e satisfação dos usuários antes e depois de aplicar os mecanismos de usabilidade no software. Ao final da pesquisa, constatou-se que, por mais que certo mecanismo não afete positivamente algum dos três aspectos medidos, a implementação de todos eles aperfeiçoaram significativamente o software, fazendo com que o usuário atinja suas tarefas de maneira mais rápida, eficaz e intuitiva.

[Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#) selecionaram três mecanismos de usabilidade que possuem maior impacto em aplicações *web* (abortar operação, informar sobre longa duração e preferências) e, posteriormente, desenvolveram soluções reutilizáveis para a implementação de cada um desses mecanismos. As soluções propostas visam fornecer ferramentas para elaborar funcionalidades que aprimorem a usabilidade em aplicações *web*, com o menor custo possível. Essas soluções, também chamadas de padrões, seguem o modelo Model-view-controller (MVC) e utilizam o padrão de projeto Facade.

O Duolingo<sup>2</sup> é uma plataforma muito conhecida por usuários que procuram aprender um novo idioma. É classificado como um jogo sério de ensino personalizado, que visa tornar o aprendizado divertido e universalmente acessível. [Araujo e Eddine \(2020\)](#) buscaram entender o processo de usabilidade, facilidade de acesso e a relação usuário-aprendizagem do aplicativo. Para alcançá-lo, foram utilizados pressupostos de IHC. Os resultados da pesquisa apontaram que, em relação à usabilidade, mais do 80% dos usuários avaliaram a plataforma com nota máxima. Considerando esse resultado satisfatório, o aplicativo foi utilizado como referência na parte de criação da nova versão do PDG.

---

<sup>2</sup> <https://pt.duolingo.com/>

Os trabalhos apresentados possuem uma característica em comum: a avaliação da usabilidade em sistemas. [Almazroi \(2021\)](#) examinou as contribuições da usabilidade em sistemas; [Ferreira et al. \(2019\)](#) avaliaram o impacto dos mecanismos de usabilidade; [Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#) desenvolveram soluções reutilizáveis para os mecanismos de usabilidade; e [Araujo e Eddine \(2020\)](#) apresentaram um jogo de ensino personalizado que atinge satisfatoriamente um alto nível de usabilidade.

Utilizando os diferentes elementos apresentados em cada trabalho, foi realizada uma avaliação de inspeção da usabilidade de um jogo de ensino-aprendizagem, baseada nos mecanismos de usabilidade propostos por [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#).

Assim, alguns pontos das técnicas apresentadas foram empregados em uma nova proposta: analisar e melhorar um jogo baseado em mecanismos de usabilidades, utilizando os padrões encontrados para a implementação dos mecanismos. Sendo o diferencial desse trabalho, a avaliação acompanhada do planejamento e execução das propostas de melhorias, e não apenas uma análise de usabilidade de um sistema.

## 2.6 Resumo do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados conceitos fundamentais que serão abordados durante a execução e conclusão da pesquisa.

O entendimento sobre o estudo da interação entre o homem e sistemas operacionais, abordados em IHC (Seção 2.1), é essencial para a compreensão da importância deste trabalho, que busca aprimorar a experiência de uso de um software. Na Seção 2.2, foram descritos os mecanismos de usabilidade que serão utilizados como base para a avaliação dos jogos de ensino-aprendizagem; esses jogos são apresentados na Seção 2.3.

A Seção 2.4 expõe o conceito de acessibilidade e a importância de se levar em conta esse aspecto ao se criar sistemas digitais. Por fim, na Seção 2.5, foram apresentados alguns trabalhos que aplicam o estudo sobre usabilidade e os mecanismos de usabilidade em diferentes tipos de software, possíveis de serem reaproveitadas as metodologias e abordagens durante o desenvolvimento deste trabalho.



### 3 Avaliação do PersonaDesignGame

Este capítulo apresenta como foi conduzida a avaliação dos mecanismos de usabilidade, os resultados da avaliação, a análise desses dados e os resultados encontrados na análise.

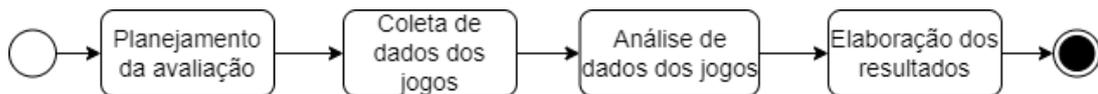
Dentre os dois jogos selecionados, apenas um foi escolhido para avaliação. Por ser um sistema já finalizado, decidiu-se seguir abordando o PersonaDesignGame (PDG) (JUNIOR, 2021).

Para a análise do jogo PDG, inicialmente, os avaliadores instalaram o software em suas máquinas para navegar entre as telas. Durante a instalação, houveram alguns problemas na execução do jogo, relacionados às *migrations* e à porta de conexão com uma das API's (*Application Programming Interface*).

Ao executar os contêineres do projeto, não foram executadas as configurações com a modelagem do banco de dados, e foram necessárias alterações nos arquivos de configuração do ambiente para atualizar o *endpoint* com uma das aplicações. Com as correções aplicadas adequadamente e o sistema funcionando, iniciou-se a avaliação.

O fluxograma das etapas pode ser verificado conforme ilustra a Figura 5 e nas seções 3.1 a 3.3.

Figura 5 – Fluxograma da avaliação.



Fonte: Autores.

O **planejamento da avaliação** inclui o levantamento dos requisitos de usabilidade e Padrões de Elicitação de Usabilidade (*Usability Elicitation Patterns* - USEPs), junto a elaboração do conjunto de questões para o *checklist* dos mecanismos de usabilidade.

A parte de **coleta de dados** estuda os jogos, verificando quais mecanismos estão presentes no sistema e estão qualificados para a avaliação e melhoria. Em seguida, com as verificações listadas, é possível organizar as informações e analisar os dados mais precisamente.

Além do aprimoramento da usabilidade, o trabalho propõe abordar a acessibilidade em sua proposta de melhoria. Para isso, é realizada uma classificação dos mecanismos de usabilidade que possa abordar a acessibilidade com sua respectiva implementação.

A etapa seguinte, de **análise dos dados dos jogos**, estuda dados qualitativos com a técnica definida no planejamento da avaliação. Assim, a etapa analisa, apresenta e verifica os dados caminhando para a conclusão. Finalmente, na etapa de **elaboração dos resultados**, novamente deve ser organizada a análise obtida e ser apresentada as respostas às questões de pesquisa.

As seções a seguir apresentam detalhadamente as fases da avaliação.

### 3.1 Planejamento da avaliação

Esta seção apresenta o planejamento da avaliação de usabilidade, sua importância e como foi desenvolvida; de modo geral, as etapas da metodologia proposta.

Os problemas na interação e na interface são aspectos abordados durante a execução do presente trabalho. Para isso, são coletados dados com objetivo de identificar problemas na interação e na interface que prejudiquem a usabilidade do sistema e, em decorrência disso, a qualidade.

A avaliação ocorre em um sistema com sua solução completa para interação. De acordo com o escopo definido, essa característica corresponde a avaliação somativa. Esse tipo de avaliação julga a qualidade de uso de uma solução de Interação Humano-Computador (IHC), buscando evidências que indiquem que as metas de projeto foram alcançadas, ou seja, que o produto possui os níveis de qualidade de uso desejado (BARBOSA; SILVA, 2010).

Para a avaliação do sistema, são utilizados os métodos de inspeção, pois não envolvem os usuários finais diretamente e costumam ser mais rápidos (BARBOSA; SILVA, 2010). Além disso, a inspeção permite avaliar a conformidade com um padrão pré estabelecido.

Para o escopo da avaliação, inicialmente, dois jogos de ensino-aprendizagem foram selecionados para serem avaliados nesta etapa: PDG (JUNIOR, 2021) e Universidade das Heurísticas (OLIVEIRA; NAVES, 2021). A avaliação do uso do sistema é feita como uma avaliação somativa coletando dados do tipo qualitativos por todo o sistema.

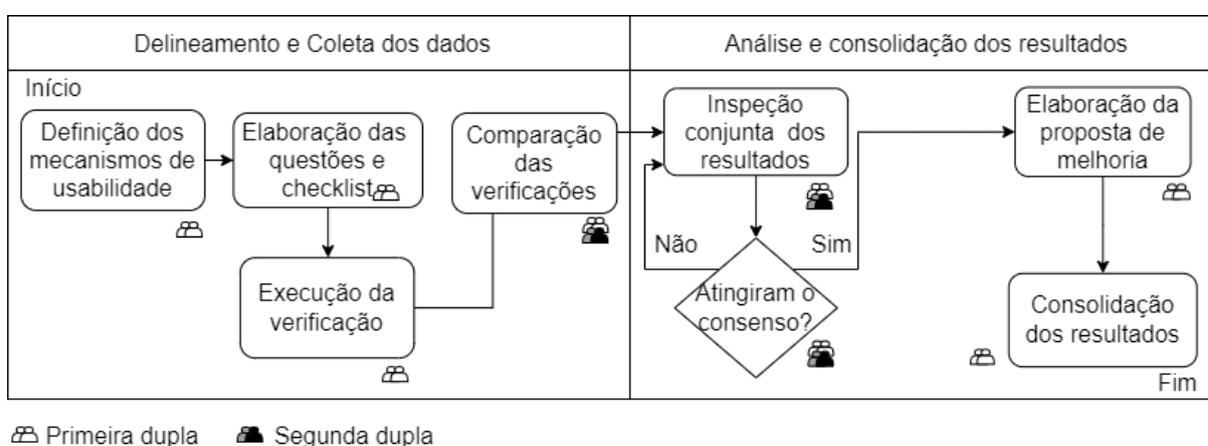
Ao final da avaliação, pode-se obter evidências de que o sistema atende ou não aos critérios de qualidade, sendo, neste trabalho, a usabilidade, o principal aspecto abordado. A existência destes mecanismos impactam de forma positiva na usabilidade do jogo, ressaltando a qualidade e aplicabilidade da ferramenta com potencial para ensino e aprendizagem.

## 3.2 Coleta de dados

Esta seção descreve o método de obtenção dos dados a partir da verificação dos mecanismos de usabilidade no jogo.

Esses mecanismos de usabilidade estão indicados na Tabela 1 e são utilizados como diretrizes para o desenvolvimento do *checklist*. As diretrizes indicadas na tabela em conjunto com os Padrões de Elicitação de Usabilidade de [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2006\)](#) foram utilizados para desenvolver a verificação. Essa análise foi realizada de acordo com os passos indicados na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Autores.

Na etapa de execução da verificação, são feitas buscas da existência (ou inexistência) dos mecanismos de usabilidade listados na Tabela 1. Cada mecanismo de usabilidade é explorado e classificado como:

- **Possui:** quando existir;
- **Possui parcialmente:** quando o mecanismo não está implementado completamente para a funcionalidade;
- **Não possui:** quando não existir;
- **Não se aplica:** em caso de mecanismos que não se encaixam no contexto do aplicativo, é adotada a marcação.

A avaliação proposta utiliza métodos de inspeção sem a participação de usuários finais. [Nielsen \(1994b\)](#) recomenda que uma avaliação envolva de três a cinco avaliadores. Como indicado na Figura 6, a avaliação é composta por quatro avaliadores. Algumas etapas foram executadas pela primeira dupla e outras foram executadas em conjunto com a segunda dupla. Os integrantes de cada dupla são:

- **Primeira dupla:** Ailamar Alves e Heron Rodrigues.
- **Segunda dupla:** João Pedro Cirqueira e Moacir Mascarenha.

A etapa de execução da verificação foi realizada por Ailamar Alves e Heron Rodrigues. Em reunião, a primeira dupla executou a análise conjunta do jogo. Entrando em consenso, foi analisado se foram implementados cada um dos mecanismos de usabilidade seguindo o *checklist* e as questões definidas, que estão indicadas no Apêndice B. Essas questões foram elaboradas com base em [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#), para definir as informações necessárias que precisam ser elicitadas e especificadas para a implementação de cada mecanismo de usabilidade.

Para cada mecanismo identificado, os avaliadores anotaram se a questão definida foi ou não violada, bem como uma justificativa descrevendo se aquilo era um problema em relação ao escopo do sistema. A primeira dupla percorre a interface pelo menos duas vezes: uma, para obter uma visão de conjunto e, outra, para examinar cuidadosamente cada elemento de cada tela identificando os problemas.

[Barbosa e Silva \(2010\)](#) apontam que em uma avaliação, algumas vezes, é necessário unir problemas encontrados por diferentes avaliadores, seja porque relatam exatamente o mesmo problema ou porque relatam casos particulares ou partes de um problema maior.

Após a inspeção da primeira dupla, os mesmos se reuniram com a segunda dupla para comparação das verificações. Nesta reunião, foi feita uma comparação dos resultados obtidos por João Pedro Cirqueira e Moacir Mascarenha, buscando consenso e maior veracidade na consolidação dos resultados.

Durante a reunião, as duplas de avaliadores compartilharam suas listas de problemas sobre cada mecanismo de usabilidade com os demais avaliadores, para que todos obtivessem uma visão abrangente dos problemas encontrados no jogo. Em seguida, foi feito um novo julgamento, no qual cada avaliador pôde atribuir uma nova visão para sua verificação na inspeção conjunta dos resultados.

Ao final da reunião, os quatro avaliadores entraram em acordo sobre os problemas existentes. A seção seguinte detalha como foi feita a etapa de análise e interpretação dos dados coletados após a verificação do jogo.

### 3.3 Análise dos dados

Nesta seção são descritas as etapas presentes dentro da fase de análise dos dados obtidos sobre o jogo.

Com o levantamento dos mecanismos de usabilidade do jogo após a verificação, foi avaliado em quais casos o software possui maiores defasagens de usabilidade. A avaliação

foi feita dentro dos *Usability Elicitation Patterns* - USEPs, definidos por [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2006\)](#), e levando em consideração às definições levantadas por [Nielsen \(1994b\)](#) e [Barbosa e Silva \(2010\)](#).

Após a verificação inicial e o consenso final dos dados obtidos pelas duplas de avaliadores, foi utilizado o coeficiente de concordância de Kappa ([COHEN, 1960](#)). Esse coeficiente determina que quanto mais próximo de 1 for o valor calculado, maior é o indicativo de que existe uma concordância entre os avaliadores. A fórmula para calcular o coeficiente é dada pela Equação 3.1:

$$\hat{K} = \frac{\hat{P}_0 - \hat{P}_e}{1 - \hat{P}_e} \quad (3.1)$$

onde

$$\hat{P}_0 = \sum_{i=1}^r \frac{n_{ii}}{n} \quad (3.2)$$

$$\hat{P}_e = \sum_{i=1}^r \frac{n_i * n_i}{n^2} \quad (3.3)$$

Para interpretar o valor de Kappa, foi utilizada a Tabela 2, sugerida por [Landis e Koch \(1977\)](#). O cálculo anterior ao consenso entre as duplas é utilizado para efeito de comparação com o valor calculado após o consenso.

Tabela 2 – Interpretação do Coeficiente Kappa.

<b>Coeficiente Kappa</b>	<b>Força de concordância</b>
Menor que zero	insignificante ( <i>poor</i> )
0 a 0.2	fraca ( <i>slight</i> )
0.21 a 0.4	razoável ( <i>fair</i> )
0.41 a 0.6	moderada ( <i>moderate</i> )
0.61 a 0.8	forte ( <i>substantial</i> )
0.81 a 1	quase perfeita ( <i>almost perfect</i> )

Fonte: [Landis e Koch \(1977, p. 165\)](#).

Com os resultados iniciais de cada dupla, calculou-se o grau de concordância previamente ao consenso. Os dados obtidos para o cálculo podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado pré consenso.

João e Moacir	Ailamar e Heron				Total
	Implementado	Implementado parcialmente	Não Implementado	Não se aplica	
Implementado	0	0	0	0	0
Implementado parcialmente	2	1	1	0	4
Não Implementado	0	0	2	3	5
Não se aplica	0	1	0	4	5
<b>Total</b>	2	2	3	7	14

Fonte: Autores.

Os estados indicados na Tabela 3 são de acordo com o *checklist* dos mecanismos de usabilidade. A diagonal principal, destacada em amarelo, indica as escolhas em comum entre as duplas.

Com os valores iniciais, os cálculos apontaram: 50% dos pares de observações são concordantes (Equação 3.4) e 29% em relação a probabilidade de concordância randômica (Equação 3.5), o que resulta em um coeficiente de concordância Kappa de aproximadamente 0.28 (Equação 3.6).

$$\hat{P}_0 = \frac{0 + 1 + 2 + 4}{14} = 0.50 \quad (3.4)$$

$$\hat{P}_e = \frac{2}{14} * \frac{0}{14} + \frac{2}{14} * \frac{4}{14} + \frac{3}{14} * \frac{5}{14} + \frac{5}{14} * \frac{7}{14} \approx 0.29 \quad (3.5)$$

$$\hat{K} = \frac{0.50 - 0.29}{1 - 0.29} \approx 0.28 \quad (3.6)$$

Seguindo a classificação da Tabela 2, a força de concordância entre as duplas na faixa de 0,28 é “insignificante”. A divergência dos resultados ocorreu devido a interpretações diferentes de cada dupla em relação ao guia utilizado como base. Para a avaliação conjunta, foi considerada a interpretação pela perspectiva dada pelas duas duplas de avaliadores.

Com o seguimento da reunião, foi debatida a situação dos mecanismos de usabilidade discordados entre as duplas. Com as visões das interpretações de cada mecanismo alinhadas, foi feita uma nova avaliação.

Grande parte das discordâncias iniciais alcançaram um resultado positivo com a nova interpretação. Chegou-se a escolhas em comum e novas observações foram feitas sobre os mecanismos de usabilidade. Esses resultados podem ser observados na Tabela 4,

que mostra os mecanismos dados inicialmente como divergente entre os avaliadores. Segue a seguinte definição sobre as duplas:

- **Primeira dupla:** Ailamar Alves e Heron Rodrigues.
- **Segunda dupla:** João Pedro Cirqueira e Moacir Mascarenha.

Tabela 4 – Avaliação conjunta dos mecanismos de usabilidade.

Mecanismo	Primeira Dupla	Segunda Dupla	Verificação
Desfazer específico	Não se aplica	Não se aplica	Não foi possível avaliar pois, tanto a documentação, quanto a interface do jogo não apresentam informações suficientes para possibilitar esse julgamento.
Abortar operação	Implementado parcialmente	Implementado	Houve uma discordância em relação aos critérios adotados por cada dupla.
Voltar	Implementado	Implementado	O jogo possibilita voltar mas não informa o estado (outro mecanismo).
Estado do sistema	Implementado parcialmente	Implementado parcialmente	Em execução o sistema apresenta informações mas de maneira genérica e discreta.
Execução passo a passo	Não se aplica	Implementado parcialmente	A segunda dupla argumenta que o jogo não possui tarefa complexa pouco frequente. Entretanto, a primeira dupla levou em consideração tarefas que possuem sub-tarefas, ao invés de sua complexidade.
Áreas de objetos pessoais	Não se aplica	Não se aplica	A segunda dupla argumenta que o jogo não possui tarefa complexa pouco frequente. De acordo com a simplicidade do jogo não é necessária essa funcionalidade.
Favoritos	Não se aplica	Não se aplica	A segunda dupla argumenta que o jogo não possui tarefa complexa pouco frequente. De acordo com a simplicidade do jogo não é necessária essa funcionalidade.

Fonte: Autores.

Com a reavaliação dos mecanismos de usabilidade, obteve-se novos dados para o cálculo do coeficiente de concordância Kappa. Esses dados se encontram mais concentrados na diagonal principal (Tabela 5), ou seja, mais mecanismos foram igualmente avaliados no

*checklist* por ambas as duplas. A nova avaliação resultou em uma força de concordância bem maior em relação à primeira avaliação. A Tabela 5 apresenta os novos resultados obtidos.

Tabela 5 – Resultado pós consenso.

João e Moacir	Ailamar e Heron				Total
	Implementado	Implementado parcialmente	Não implementado	Não se aplica	
Implementado	1	0	0	0	1
Implementado parcialmente	1	1	0	0	2
Não implementado	0	0	4	0	4
Não se aplica	0	0	0	7	7
<b>Total</b>	2	1	4	7	14

Fonte: Autores.

O novo cálculo do grau de concordância gerou os seguintes valores: 92% dos pares de observação são concordantes (Equação 3.7) e 35% em relação a probabilidade de concordância randômica (Equação 3.8), o que resultou em um coeficiente de concordância Kappa de aproximadamente 0.88 (Equação 3.9).

$$\hat{P}_0 = \frac{1 + 1 + 4 + 7}{14} \approx 0.92 \quad (3.7)$$

$$\hat{P}_e = \frac{2}{14} * \frac{1}{14} + \frac{1}{14} * \frac{2}{14} + \frac{4}{14} * \frac{4}{14} + \frac{7}{14} * \frac{7}{14} \approx 0.35 \quad (3.8)$$

$$\hat{K} = \frac{0.92 - 0.35}{1 - 0.35} \approx 0.88 \quad (3.9)$$

Seguindo a classificação da Tabela 2, a força de concordância entre as duplas é “quase perfeita”. O aumento da concordância dos resultados indica a conversão da interpretação dos dados pela perspectiva das duplas de avaliadores. Com a visão abrangente dos problemas encontrados no jogo, obteve-se maior veracidade na consolidação dos resultados.

### 3.4 Resumo do Capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as etapas de desenvolvimento da análise do jogo, desde o planejamento até os resultados.

Como explicada, a análise consistiu na avaliação de cada tela do sistema, realizada inicialmente pela primeira dupla, composta por Ailamar Alves e Heron Rodrigues. Em consenso, verificou-se a implementação de cada um dos mecanismos de usabilidade, conforme listado na Tabela 8.

Após a inspeção da primeira dupla, foi feita uma comparação dos resultados obtidos pela segunda dupla, formada por João Pedro Cirqueira e Moacir Mascarenha. As duplas compartilharam suas listas de problemas sobre cada mecanismo de usabilidade e entraram em consenso final sobre os dados obtidos.

Com os dados em mãos, primeiramente, foi calculado o coeficiente de concordância de Kappa (LANDIS; KOCH, 1977) para verificar o indicativo de que existe uma concordância entre os avaliadores. Por fim, obteve-se a lista de quais mecanismos de usabilidade não foram implementados para, posteriormente, planejar as melhorias no jogo.



## 4 Mecanismos de Usabilidade e Acessibilidade Digital

Durante o estudo dos mecanismos, o contexto de usabilidade de um deles atraiu a atenção dos pesquisadores. Sendo esse, o contexto do mecanismo “ajuda multinível”, que diz: “para aplicações complexas, alguns usuários necessitam de um sistema de ajuda para guiá-los.” (JURISTO; MORENO; SANCHEZ-SEGURA, 2006).

A definição desse mecanismo associa-se com o contexto de acessibilidade e, ao longo da avaliação, houve o interesse em investigar se o *PesonaDesignGame* atende critérios e parâmetros de acessibilidade. A usabilidade em conjunto com a acessibilidade em jogos digitais permite que todos os tipos de usuários possam desfrutar do jogo com maior facilidade na realização das tarefas.

O público-alvo do jogo, definido por Junior (2021), são alunos de graduação e pós-graduação, o que engloba um certo número de pessoas que possuem algum tipo de deficiência, ou seja, usuários PcD (Pessoas com Deficiência). Por mais que o PDG seja um jogo com tarefas simples, ao abordar a questão da acessibilidade, essa baixa complexidade não significa que qualquer usuário consiga utilizar todas as funcionalidades do software.

Com base nisso, o presente trabalho propõe, além de aperfeiçoar a usabilidade, implementar aspectos que promovem a acessibilidade digital do PDG a partir da implementação dos mecanismos de usabilidade selecionados.

### 4.1 Relacionamento dos mecanismos de usabilidade com acessibilidade digital

Foi constatado que o tema de acessibilidade não é abordado explicitamente nas literaturas de Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2007) e Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2006).

Sendo assim, para determinar se é possível abordar acessibilidade digital com a implementação dos mecanismos de usabilidade, foi realizada uma relação entre as definições dos mecanismos de usabilidade e as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.1 (WCAG, 2018).

As diretrizes da WCAG abrangem um vasto conjunto de recomendações que têm como objetivo tornar o conteúdo *web* mais acessível.

Diversos grupos, como programadores e *web designers*, legisladores, responsáveis

pelos aquisições de bens e serviços, professores e alunos, utilizam a WCAG. Para responder às várias necessidades deste público-alvo, foram elaborados diversos níveis de abordagem, por exemplo, os princípios globais, diretrizes gerais e critérios de sucesso (WCAG, 2018).

Os princípios são as bases necessárias para qualquer indivíduo acessar e utilizar um conteúdo *web*, são eles:

- **Perceptível:** as informações e os componentes da interface do usuário devem ser apresentados em formas que possam ser percebidas pelo usuário (a informação não pode estar invisível para todos os sentidos do usuário);
- **Operável:** os componentes de interface de usuário e a navegação devem ser operáveis (a interface não pode requerer interação que o usuário não consiga realizar);
- **Compreensível:** a informação e a operação da interface de usuário devem ser compreensíveis (o conteúdo e a interação não podem estar além do entendimento do usuário);
- **Robusto:** o conteúdo deve ser robusto o suficiente para poder ser interpretado de forma confiável por uma ampla variedade de softwares, incluindo tecnologias assistivas (independente das tecnologias e os softwares envolvidos, o conteúdo deve permanecer acessível).

Esses princípios são compostos por diretrizes que fornecem objetivos básicos, os quais devem ser atingidos para tornar o conteúdo mais acessível aos usuários com diferentes deficiências. As diretrizes não são testáveis, mas disponibilizam a estrutura e os objetivos de âmbito global que ajudam a compreender os critérios de sucesso, e a melhor forma de implementar as técnicas WCAG.

Esses critérios descrevem especificamente o que deve ser desenvolvido para satisfazer os requisitos de cada diretriz. Com isso, foi verificado se os mecanismos de usabilidade podem implementar algum desses critérios, contribuindo assim, para atingir determinada diretriz e princípio definido pela WCAG. Desse modo, tornando o conteúdo web mais acessível.

Para a verificação, foram utilizados o contexto e a definição dos mecanismos de usabilidade estabelecidos por Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2007). Em seguida, foi determinado se a implementação de cada mecanismo poderia abordar um ou mais dos princípios gerais da WCAG, levando em consideração as diretrizes e os critérios de sucesso de cada princípio.

A seção a seguir detalha o relacionamento dos mecanismos com os princípios da WCAG, apresentando o motivo pelo qual determinado mecanismo é ou não classificado como um mecanismo de acessibilidade.

## 4.2 Classificação dos mecanismos de usabilidade e acessibilidade

A seguir, é apresentado cada um dos mecanismos de usabilidade utilizados na avaliação. Esse mecanismos foram classificados como sendo, ou não, um mecanismo de acessibilidade, de acordo com os princípios apresentado na Seção 4.1:

Tabela 6 – Correspondências dos mecanismos com princípios de acessibilidade digital.

Mecanismo	Princípios acessibilidade digital			
	Perceptível	Operável	Compreensível	Robusto
Interação	X		X	
Área de objetos pessoais				
Agregação de comando				
Voltar		X		
Aviso				
Preferências	X	X	X	X
Abortar operação				
Desfazer global				
Ajuda multinível			X	
Status do sistema				
Favoritos				
Entrada de texto estruturada			X	
Execução passo-a-passo	X		X	
Desfazer específico			X	
Estado do sistema sobre longa ação				

Fonte: Autores.

Como indicado na Tabela 6, os mecanismos de usabilidade classificados como mecanismos de acessibilidade foram: interação, ajuda multinível, desfazer específico, voltar, entrada de texto estruturada, execução passo-a-passo e preferências. Essa classificação é estabelecida a partir da definição dos mecanismos que apresentam pelo menos um dos quatro princípios de acessibilidade digital.

A seguir são apresentadas as definições dos mecanismos de usabilidade por [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#):

- **Interação:** para tornar o sistema mais compreensível e perceptível, é necessário fornecer alguns *feedbacks* visuais para eventos de interação, como o foco do elemento quando o usuário está realizando a navegação da página pelo teclado;

- **Ajuda multinível:** fornecer diferentes níveis de ajuda, contribui para tornar o sistema mais compreensível;
- **Desfazer específico:** com o intuito de prevenir erros, o usuário deve possuir a opção de reverter algumas ações, por exemplo, ações que exijam o envio de informação;
- **Voltar:** dentro de uma tarefa que possua várias etapas, implementar recursos para que o usuário possa acessar a etapa anterior aprimora a operabilidade do sistema;
- **Entrada de texto estruturada:** o sistema deve fornecer assistência na inserção de dados, ajudando os usuários a evitar e corrigir erros;
- **Execução passo-a-passo:** em tarefas que são formadas por sub tarefas, auxiliar o usuário durante cada etapa contribui para que a aplicação seja mais compreensível e perceptível;
- **Preferências:** fornecer adaptações do sistema, que será utilizado por usuários com diferentes habilidades, torna a aplicação mais robusta, perceptível, compreensível e operável.

Os mecanismos de usabilidade *status* do sistema, estado do sistema sobre longa ação, desfazer global, abortar operação, área de objetos pessoais, favoritos e agregação de comando não se encaixam nos princípios estabelecidos de acessibilidade digital. A seguir são apresentadas suas definições por [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#):

- **Status do sistema:** não foram identificados critérios com o objetivo de informar aos usuários sobre o status interno do sistema, comunicando quando falhas ou mudanças que são importantes para o usuário ocorrem;
- **Aviso:** não foram abordados critérios com o objetivo de requerer a confirmação avisando sobre ações que podem ter sérias consequências no uso da aplicação;
- **Estado do sistema sobre longa ação:** recomendações com o intuito de informar ao usuário sobre ações do sistema que irão demorar para serem concluídas, não foram identificadas;
- **Desfazer global:** dentre as diretrizes, não possui especificações que visam desfazer ações que afetam diferentes níveis do sistema;
- **Abortar operação:** não foram identificados critérios que visam cancelar a execução de uma ação específica ou de toda a aplicação;
- **Área de objetos pessoais:** não foram identificados critérios que visam alterar a ordem de como elementos na tela são renderizados;

- **Favoritos:** não foram identificados critérios que visam salvar páginas de interesse do usuário para um acesso mais rápido em um acesso posterior;
- **Agregação de comando:** os critérios não lidam com ações repetitivas que poderiam ser reorganizadas com pequenos comandos.

A partir disso, e dentro a limitação de escopo e tempo do projeto, foram selecionados três mecanismos para serem melhorados após a avaliação do PDG. São eles: execução passo-a-passo, preferências e ajuda multinível. O planejamento das melhorias está detalhado no Capítulo 5.

## 4.3 Resumo do Capítulo

Neste capítulo foi abordada a relação dos mecanismos de usabilidade com a acessibilidade digital.

Primeiramente, foi discutida a motivação para realizar essa relação e a importância dessa abordagem para a aplicação. Em seguida, foram apresentados os critérios para definir se um mecanismo de usabilidade pode ou não abordar conceitos de acessibilidade digital com sua implementação. E, por último, a Tabela 6 apresenta a relação de cada mecanismos com os princípios de acessibilidade digital, seguindo pela justificativa para cada mecanismo de usabilidade estar ou não relacionado com algum dos princípios listados.



## 5 Planejamento das melhorias para o PDG

Este capítulo apresenta os requisitos planejados para a evolução do software; o mecanismo de usabilidade que cada requisito está relacionado; exemplos visuais de como os requisitos foram aplicados na interface do jogo; e desenho da arquitetura para implementação dos requisitos que exigiram algum tipo de alteração.

Os mecanismos utilizados como base para a evolução do sistema são: **execução passo-a-passo, preferências e ajuda multinível**. Baseado no contexto e no problema que ele se propõe a resolver aplicado em um cenário de acessibilidade digital, foram levantadas as melhorias para o PersonaDesignGame (PDG).

Buscando abordar aspectos de acessibilidade ao se criar jogos e tecnologias, as melhorias foram pensadas com a intenção de inserir características de acessibilidade na implementação da nova versão do jogo.

### 5.1 Requisitos

[Sommerville \(2004\)](#) afirma que os requisitos de um sistema consistem nas definições do que o sistema deve realizar, os serviços que ele disponibiliza e as limitações em sua operação. Algumas dessas descrições são feitas por meio da observação dos sistemas existentes ou análise de tarefas. Isso ajuda a entender o sistema a ser especificado. Nesta seção, são apresentados os requisitos elicitados para o projeto.

Foram utilizados critérios de acessibilidade<sup>1</sup> para jogos educacionais, do mapeamento elaborado por [Belarmino et al. \(2021\)](#), no levantamento dos requisitos desenvolvidos na proposta de melhoria do software. A partir desses critérios, foi feito um relacionamento com mecanismos de usabilidade de [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#).

Em todo mapeamento foram observados quais critérios se adéquam com os mecanismos de usabilidade abordados na melhoria do jogo (execução passo-a-passo, preferências e ajuda multinível).

A Tabela 7 apresenta os requisitos que foram elicitados para melhoria do jogo, a relação de cada requisito com os princípios de acessibilidade digital (**Perceptível, Operável, Compreensível, Robusto**) e a qual mecanismo de usabilidade esse requisito está relacionado. Os códigos de cada mecanismo da tabela correspondem a: execução passo-a-passo (**M01**); preferências (**M02**); e ajuda multinível (**M03**).

---

<sup>1</sup> <https://bit.ly/2T8upSl>

Tabela 7 – Classificação dos requisitos.

Id	Descrição	Princípios acessibilidade				Mecanismos		
		Per.	Ope.	Com.	Rob.	M01	M02	M03
R01	Oferecer tutoriais e instruções	X		X		X		X
R02	Oferecer instruções em diferentes formatos (áudio, texto, imagens)					X		X
R03	Apresentar dicas/lembretes dos objetivos do jogo					X		
R04	Fornecer dicas que auxiliem na resolução dos problemas		X			X		
R05	Apresentar conclusões curtas ao final de cada fase							X
R06	Fornecer um sistema de ajuda e permitir seu acesso a qualquer momento	X	X	X	X			X
R07	Garantir um bom contraste, inclusive para pessoas com daltonismo							
R08	Fornecer personalização de contraste (incluindo modo de alto contraste)	X					X	
R09	Evitar cores escuras ao fundo (para evitar cansaço visual)			X				
R10	Utilizar fontes com tamanho mínimo 18 e botões grandes para facilitar o entendimento	X						
R11	Garantir que os botões com a mesma função estejam no mesmo lugar em diferentes telas							
R12	Suportar ajuste para alterar a velocidade do texto para voz			X			X	
R13	Fornecer a opção de pausar enquanto o texto está sendo lido	X		X			X	
R14	Utilizar contorno ou negrito para destacar palavras	X		X				
R15	Suportar a leitura dos textos do jogo por sintetizador de voz (leitura de tela)			X				X
R16	Utilizar fontes fontes menos estilizadas							
R17	Garantir que os textos sejam textos simples e claros	X						
R18	Fornecer opção de customizar a fonte (espaçamento, tamanho, cor)	X					X	
R19	Utilizar recursos multimídias (áudios, vídeos e animações)							
R20	Fornecer controle para volume	X					X	
R21	Salvar as configurações						X	

Fonte: Autores.

Alguns requisitos adicionados não se encaixam diretamente com os mecanismos selecionados, mas podem colaborar de forma indireta para eles, como o requisito R07 da tabela. A customização do contraste corresponde ao mecanismo “preferências”, mas é necessário que, mesmo com a customização do usuário, o contraste seja adequado.

Dos vinte e um requisitos identificados na Tabela 7, dezesseis foram implementados na atualização do jogo. Os requisitos R12, R13, R15, R19, R20 e R21 não foram desenvolvidos, pois estão relacionados ao uso de multimídias e leitura de telas. Devido à complexidade desses requisitos em relação ao tempo de desenvolvimento, eles foram removidos do escopo do projeto. Os demais requisitos foram desenvolvidos e estão apresentados com mais detalhes no Capítulo 6.

## 5.2 Prototipação

Um protótipo é uma versão inicial de um sistema de software usado para demonstrar conceitos, experimentar opções de projeto e descobrir mais sobre o problema e suas possíveis soluções (SOMMERVILLE, 2004). Com os requisitos definidos, foi iniciado o processo de prototipação da nova versão do software.

As Figuras 7-17 apresentam as principais telas do jogo em sua versão original, juntamente com os protótipos de média e alta fidelidade desenvolvidos para cada tela.

As figuras a seguir apresentam o menu principal do jogo nas três versões.

Figura 7 – Tela menu principal original.

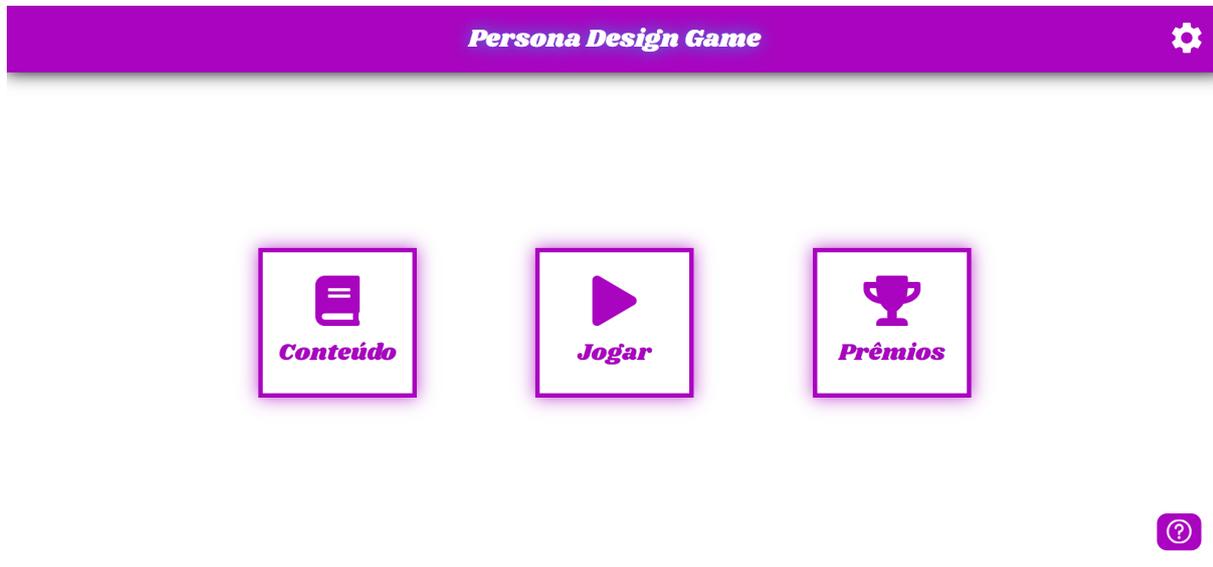


Fonte: Junior (2021).

A Figura 7 apresenta a página inicial do jogo apenas com as opções de **conteúdo**, **jogar** e **prêmios** para seleção dos usuários. Nesta versão, além dos mecanismos selecio-

nados para melhorias, outros pontos foram retratados para alteração como o contraste da paleta de cores adotada e as fontes utilizada no jogo. Na Figura 8 é apresentado o menu principal do jogo do protótipo de média fidelidade.

Figura 8 – Tela menu principal média fidelidade.



Fonte: Adaptado de Junior (2021).

Na Figura 8 tem-se a página inicial do jogo com o mesmo layout original porém com as funcionalidades configurações (canto superior direito) e um campo de ajuda (canto inferior direito) garantindo a existência do requisito **R01** - oferecer tutoriais e instruções.

As duas novas funcionalidades estarão disponíveis para acesso em quase todas as telas do jogo, garantindo o requisito **R11** - garantir que os botões com a mesma função estejam no mesmo lugar em diferentes telas.

Durante a avaliação, os avaliadores tiveram dificuldades na leitura dos textos em várias partes do jogo devido a fonte em conjunto com a as cores adotadas. Sendo assim, optou-se por criar uma nova identidade visual para o jogo.

Foram utilizadas duas ferramentas para avaliação das cores do jogo: o *contrast ratio*<sup>2</sup>, que calcula a taxa de contraste entre duas cores seguindo critérios da WCAG<sup>3</sup>, e o emulador de deficiências visuais do Google Chrome<sup>4</sup>. Primeiramente, foi verificado que a taxa de contraste da identidade visual original do jogo (#A904BF e #FFFFFF).

A taxa mínima recomendada pela WCAG seria 4.5. Verificando a taxa das cores originais utilizando o emulador de deficiências visuais, as notas obtidas foram de 5.12 a

<sup>2</sup> <https://contrast-ratio.com/>

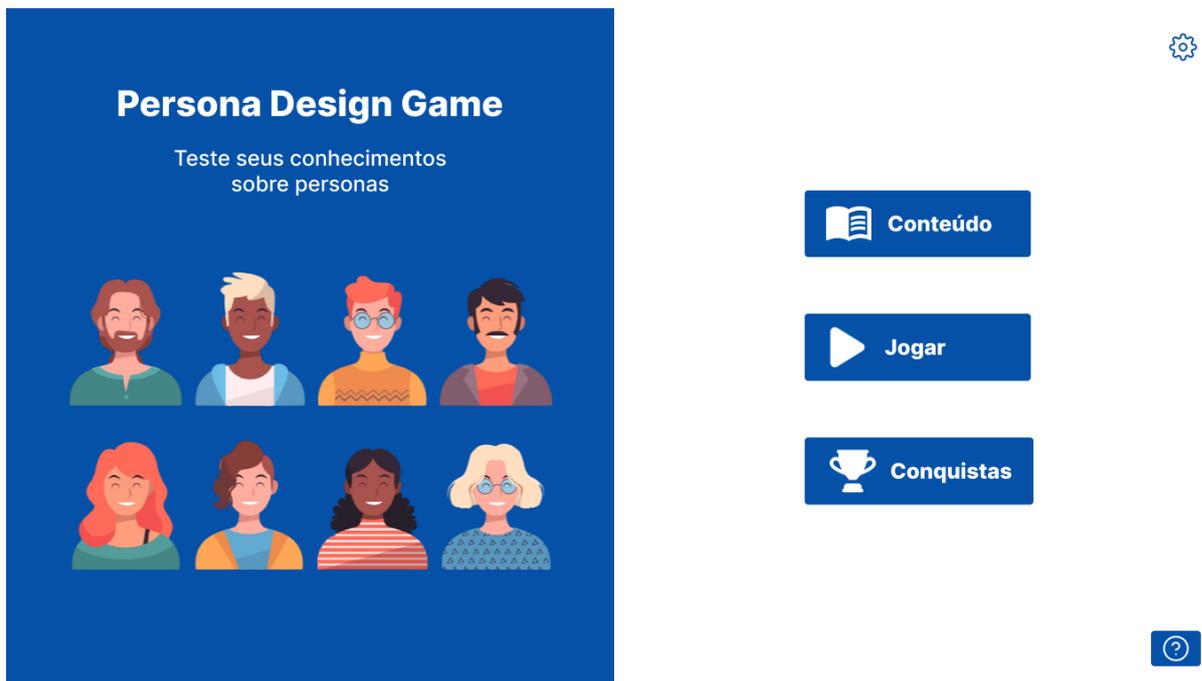
<sup>3</sup> <https://www.w3.org/TR/WCAG/contrast-minimum>

<sup>4</sup> <https://developer.chrome.com/blog/new-in-devtools-83/vision-deficiencies>

6.07. Mesmo estando dentro do recomendado, optou-se por alterar a cor #A904BF pela cor #0551A8 e foram obtidas taxas de 6.67 a 7.62.

O novo modelo prototipado tem a combinação da cor branca (#FFFFFF) com uma de melhor contraste como o azul (#0551A8), junto da fonte padrão Arial. A escolha da nova cor foi baseada na pouca alteração dos tons quando aplicado o emulador de deficiências visuais do Google Chrome. Na Figura 9, é apresentada a versão final do menu principal do protótipo de alta fidelidade.

Figura 9 – Tela menu principal alta fidelidade.



Fonte: Autores.

Essa última versão (Figura 9) conta com as funcionalidades planejadas no protótipo de média fidelidade e apresenta as mudanças planejadas no design do jogo.

As imagens a seguir apresentam funcionalidades que serão acessadas através do botão **configurações**. Este campo não existe na versão original do jogo. Quando selecionada a engrenagem no canto superior direito, são visualizadas as sugestões disponíveis ao usuário, apresentada na Figura 10 como protótipo de média fidelidade.

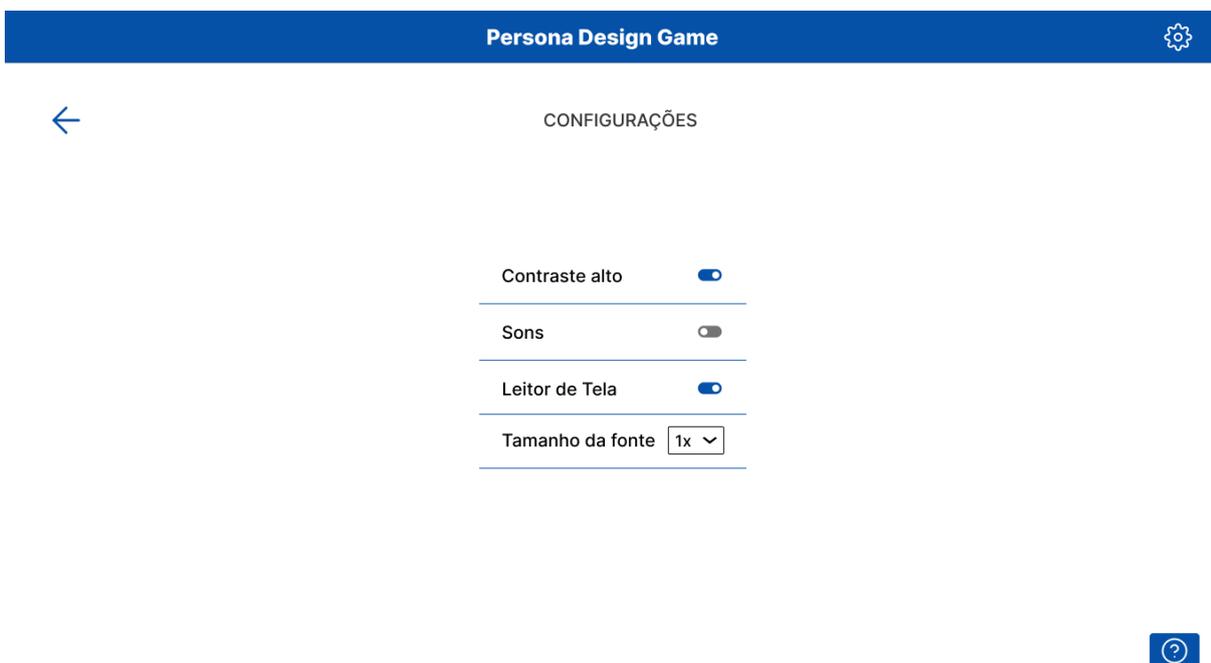
Figura 10 – Tela de configurações média fidelidade.



Fonte: Adaptado de Junior (2021).

Nessa tela (Figura 10) é possível que o usuário customize o jogo de acordo com suas preferências em diferentes contextos da aplicação. Inicialmente, foram pensadas nas configurações de contraste de cores, habilitar leitor de tela, regular o tamanho da fonte e habilitar sons de possíveis musicas, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 – Tela de configurações alta fidelidade.



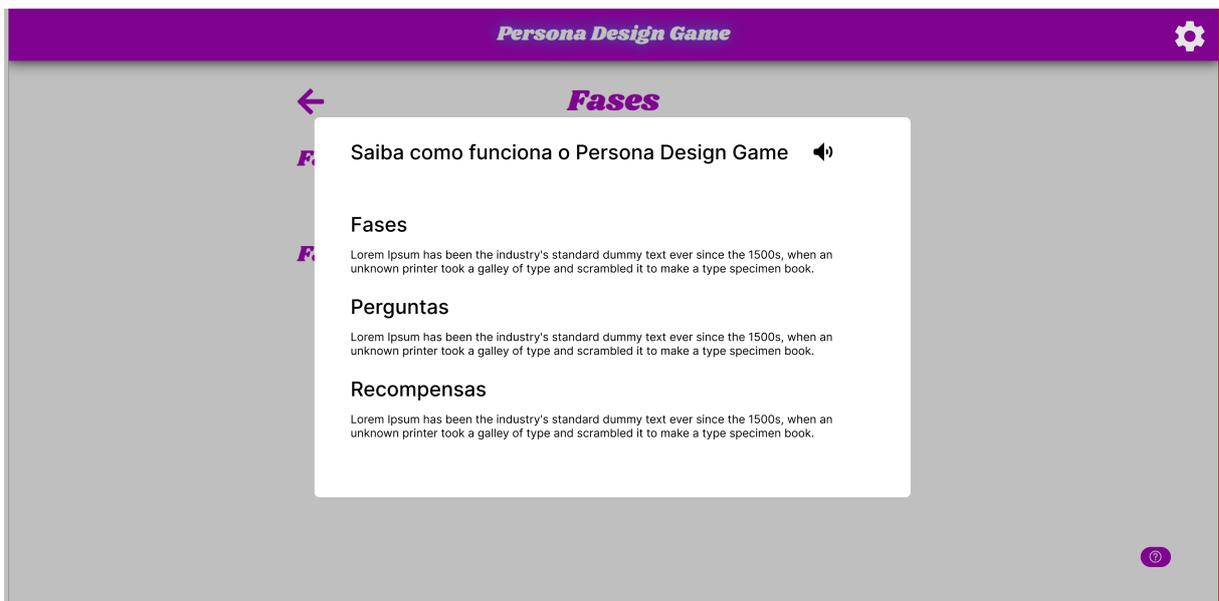
Fonte: Autores.

A versão de alta fidelidade planejada (Figura 11) abrange principalmente imple-

mentação dos requisitos relacionados ao mecanismo de **Preferências**.

Outra funcionalidade que não existe na versão original do jogo é o botão de ajuda. Ao ser selecionado, no canto inferior direito, será disponibilizado ao usuário instruções de ajuda sobre o jogo, como mostrado na Figura 12.

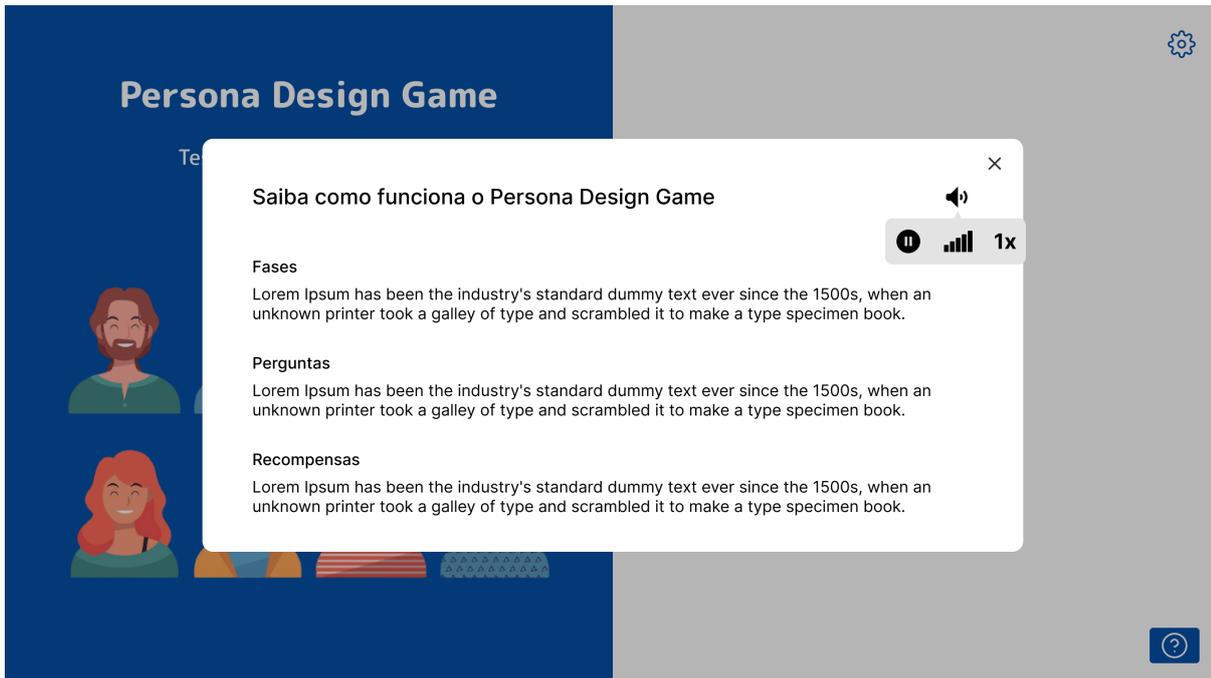
Figura 12 – Tela com instruções do jogo media fidelidade.



Fonte: Adaptado de [Junior \(2021\)](#).

Nessa aba (Figura 12) serão detalhados alguns aspectos do jogo: fases, perguntas e recompensas. O botão de ajuda está disponível na maioria das telas do jogo para acesso a qualquer momento. Quando selecionado, abre informações ações sobre a partida. A versão final do protótipo para esse campo, que será apresentado em formato de modal está indicado na Figura 13.

Figura 13 – Tela com instruções do jogo alta fidelidade.



Fonte: Autores.

Com a adição do campo de ajuda (Figura 13), torna-se possível abranger a implementação dos três mecanismos escolhidos: execução passo-a-passo, preferências e ajuda multinível.

A tela de perguntas teve uma grande mudança no novo design. A versão original conta com uma paleta de cores com baixo contraste e fonte de difícil compreensão como apresentado na Figura 14.

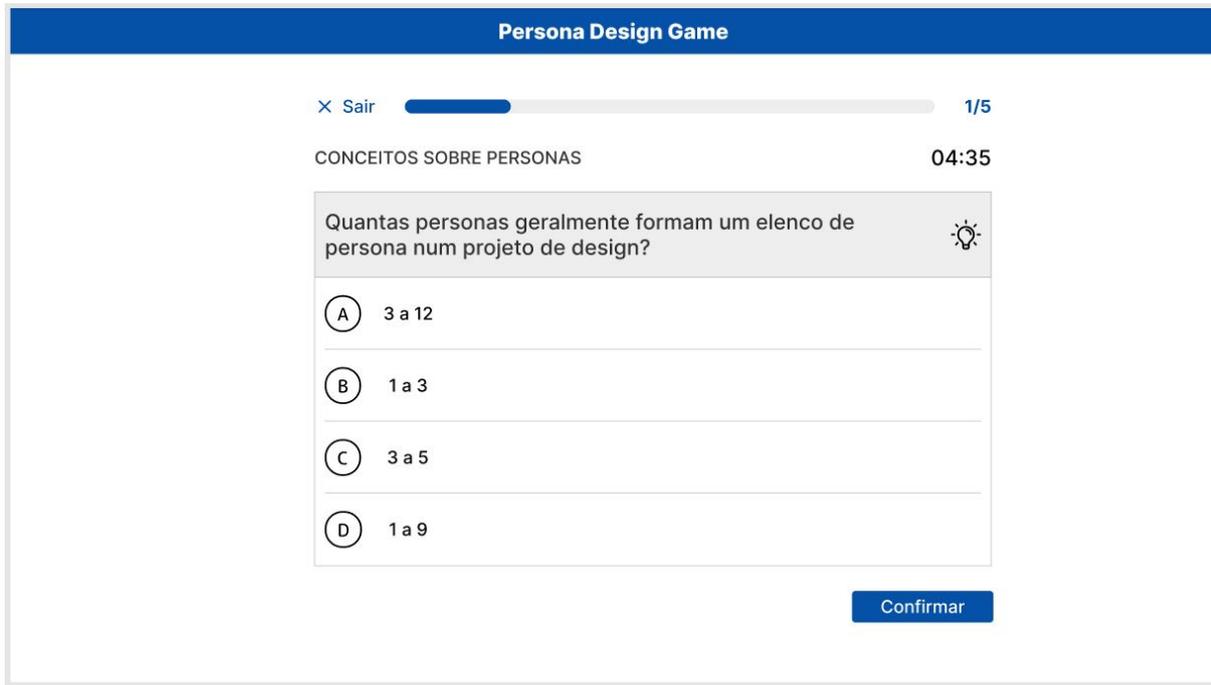
Figura 14 – Tela de perguntas original.



Fonte: Junior (2021).

O protótipo final seguiu o padrão da nova paleta de cores e fontes, e pode ser visto na Figura 15. Como mencionado na seção 2.5, o Duolingo foi utilizado como base para algumas melhorias no PDG, por ser um jogo de referência no segmento de ensino-aprendizagem. Portanto, a nova versão do jogo conta com a tela mais limpa, melhor organização das informações dispostas na tela, indicação de progresso e opções de dica para pergunta.

Figura 15 – Tela de perguntas alta fidelidade.

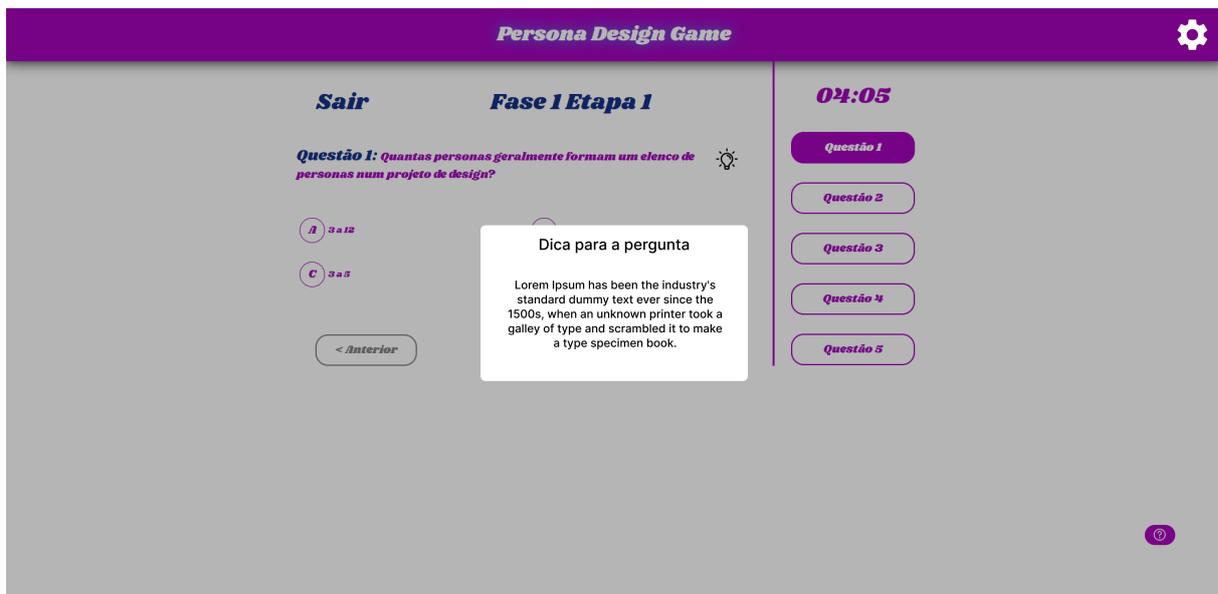


Fonte: Autores.

A tela de perguntas, indicada na Figura 15, é a única tela do jogo que não aparece o botão de ajuda e configurações, mantendo a atenção do jogador apenas na pergunta a ser respondida, mas com a possibilidade de sair para acessar as funcionalidades mencionadas.

Além das alterações de design, na tela de perguntas da partida foi adicionado o ícone de uma lâmpada, ao lado do enunciado da questão. Esse ícone indica a disposição de uma **dica** para a pergunta, como é apresentado no protótipo inicial na Figura 16.

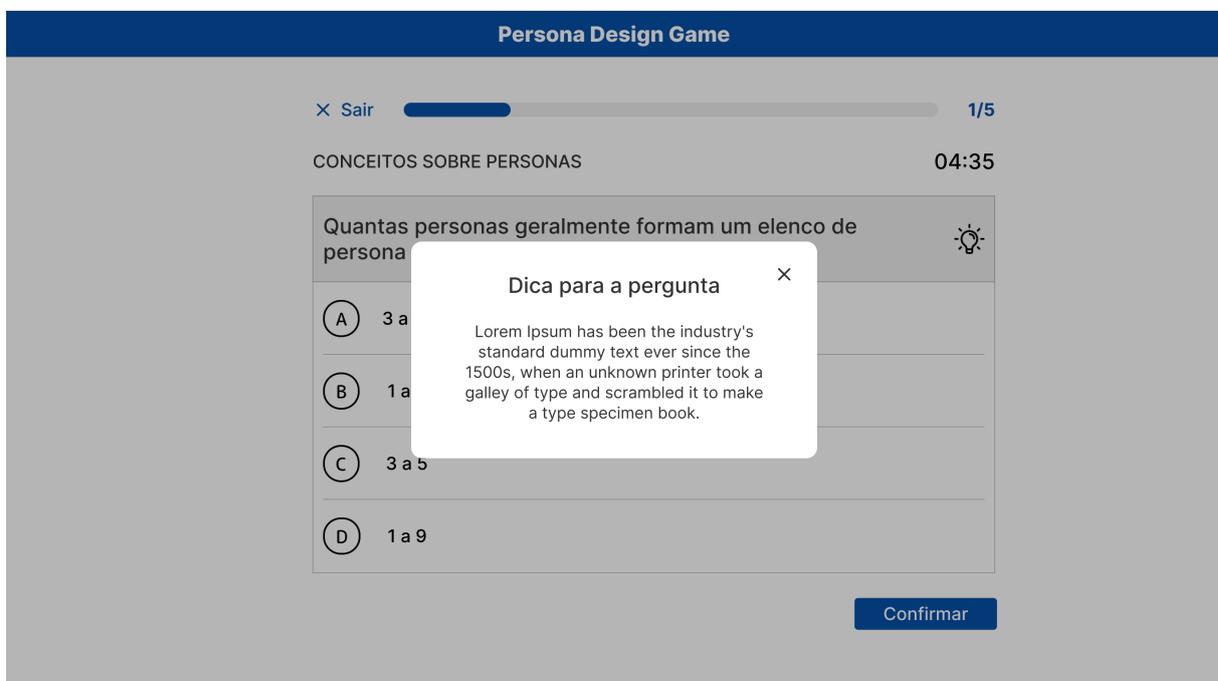
Figura 16 – Dica para a pergunta média fidelidade.



Fonte: Adaptado de Junior (2021).

A versão final do protótipo para tela de dicas, seguindo o novo design do jogo está indicado na Figura 17.

Figura 17 – Dica para a pergunta alta fidelidade.



Fonte: Autores.

Em uma partida são realizadas perguntas referentes ao tema da fase e etapa. Essas perguntas, na nova versão, possuem a funcionalidade de apresentar dicas para auxiliar o

usuário, caso surja alguma dificuldade com a questão apresentada, como indicado na Figura 17.

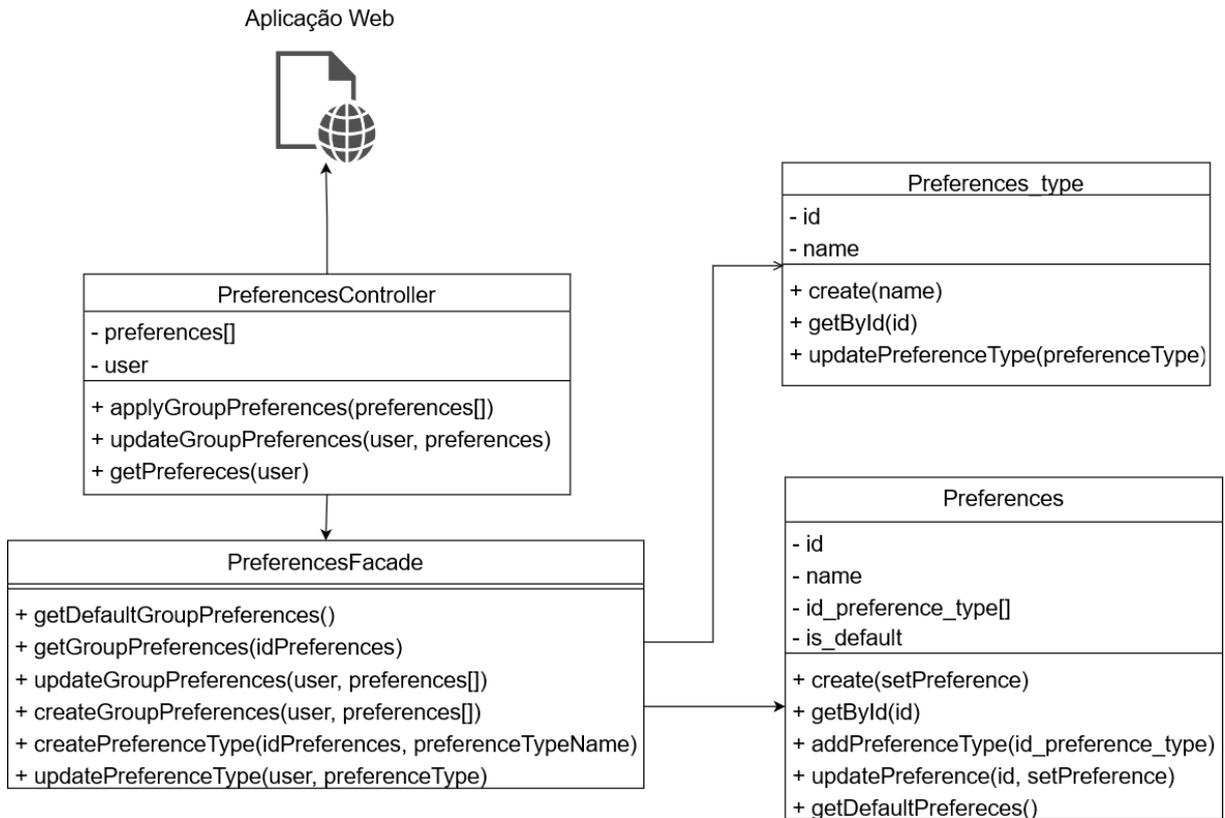
### 5.3 Diagramas de Arquitetura

Como apresentado na Subseção 5.1, o desenho para a solução dos requisitos foi baseado no padrão de implementação do mecanismo de preferência, definido por [Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#).

Para os requisitos relacionados ao mecanismo de preferência, o modelo se adequou bem; apenas uma adaptação foi necessária, como observado na Figura 18. O diagrama não possui o componente *PreferencesCSS*, pois foi definido que a aplicação *web* irá receber as configurações de preferências do usuário e ela realizará a conversão para o código de estilo.

Em relação aos demais requisitos que necessitarão de alterações na arquitetura do *back-end* e no esquema de persistência no banco de dados, foi observado que a solução de [Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#) não se adaptaria. Isso se deu devido a abordagem proposta pelos componentes *Preferences* e *PreferencesType*, que seriam um conjunto de preferências e detalhamento dessas preferências, respectivamente. Porém, foi mantido os padrões de projeto de software *Facade* e MVC (*Model-View-Controller*), que podem ser verificados nas Figuras 19 e 20. A arquitetura para a implementação dos requisitos relacionados ao mecanismo de preferência pode ser observada na Figura 18.

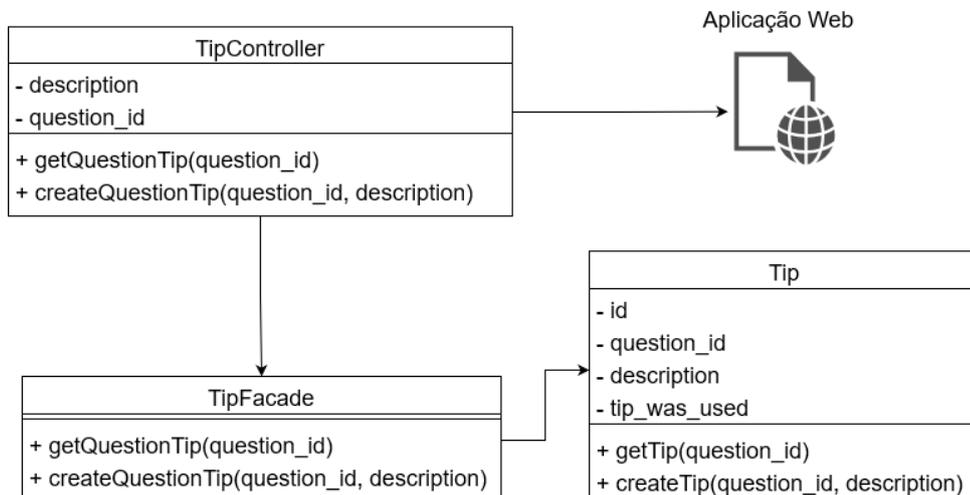
Figura 18 – Arquitetura MVC para lidar com as configurações de preferências do usuário.



Fonte: Autores.

Para a implementação dos requisitos R08, R12, R13, R15, R18, R21, R23 e R24 foi necessário o desenvolvimento dos componentes *PreferencesController*, *PreferencesFacade*, *PreferencesType* e *Preferences*. O diagrama da Figura 19 corresponde ao requisito R04.

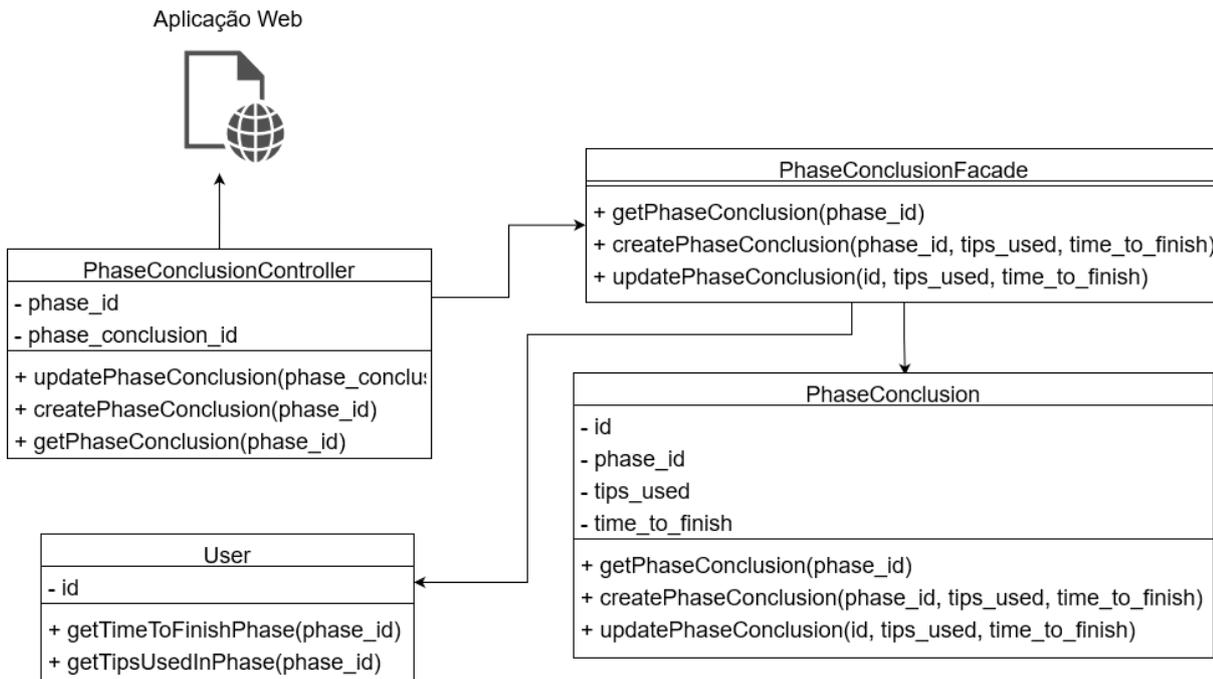
Figura 19 – Arquitetura MVC para as dicas de cada questão.



Fonte: Autores.

Como explanado anteriormente, para os requisitos que não fazem parte do mecanismo de preferência, foi utilizado a solução reutilizável da [Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#), porém, com algumas adaptações. Para a implementação do requisito R04 - Fornecer dicas que auxiliem na resolução dos problemas - foram utilizados os padrões de projeto de software *Facade* e MVC. A Figura 20 detalha a arquitetura para a implementação do requisito R05.

Figura 20 – Arquitetura MVC para a conclusão de cada fase.



Fonte: Autores.

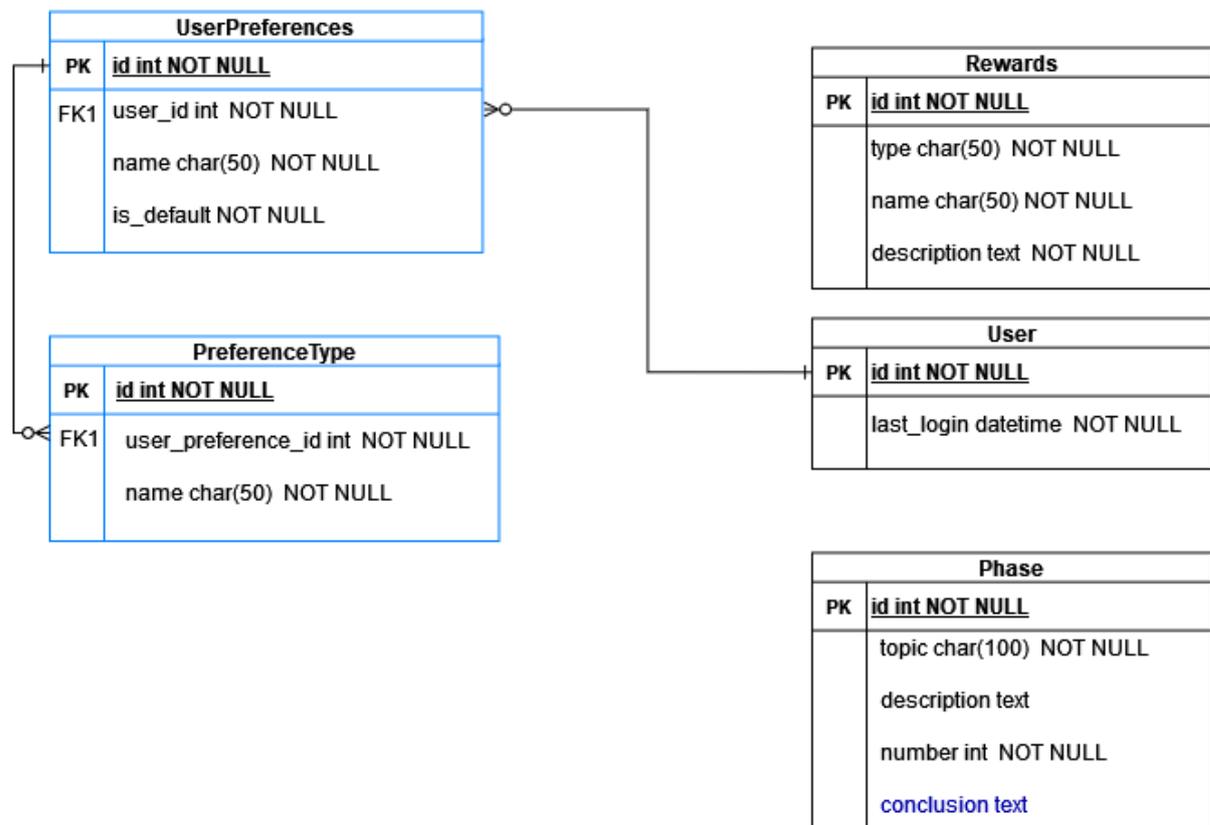
Assim como na implementação do R04, para o requisito R05 - apresentar conclusões curtas ao final de cada fase - foi utilizado o padrão da [Rodríguez, Acuña e Juristo \(2015\)](#), com adaptações.

## 5.4 Modelagem do Banco de Dados

Em relação a modelagem do banco de dados, o jogo utiliza duas API's (*Application Programming Interface*) e cada uma possui seu respectivo banco de dados, com as melhorias propostas, serão necessárias alterações em ambos os bancos.

A Figura 21 apresenta a nova modelagem para o banco de dados utilizado pelo microserviço “persona-game-api”:

Figura 21 – Diagrama Entidade-Relacionamento do “persona-game-api”.

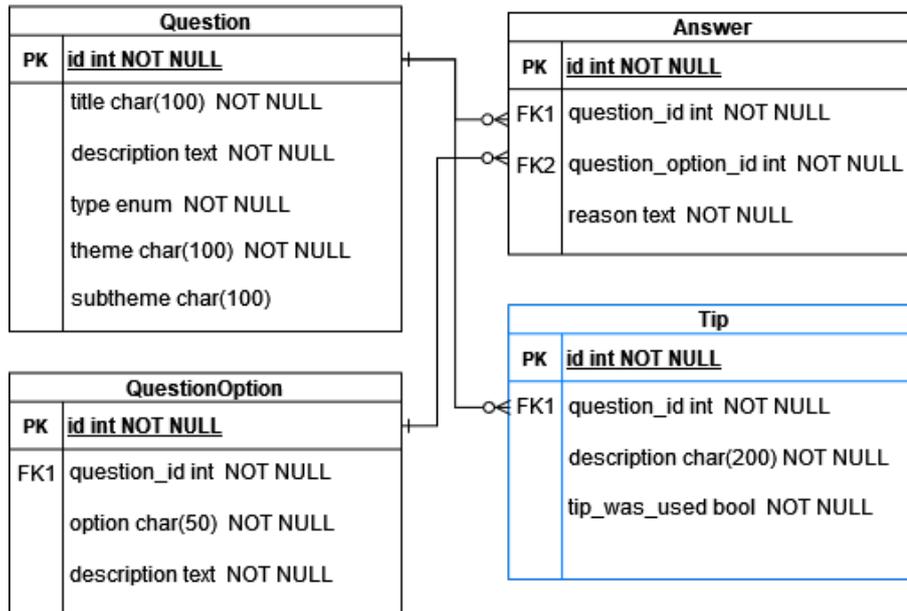


Fonte: Adaptado de [Junior \(2021\)](#).

Foram adicionadas duas novas entidades (*UserPreferences* e *PreferenceType*) para atender os requisitos relacionados ao mecanismo de preferência. E, na classe *Phase*, terá um novo atributo (*conclusion*), para armazenar informações para atender ao requisito R05 (apresentar conclusões curtas ao final de cada fase). As adições estão destacadas em azul.

Foi realizada uma atualização no banco de dados utilizado pelo microserviço “games-qa-api”. A nova modelagem pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Diagrama Entidade-Relacionamento do “games-qa-api”.



Fonte: Adaptado de [Junior \(2021\)](#).

A funcionalidade de dicas já havia sido sugerida por [Junior \(2021\)](#) e será implementada nessa nova versão do jogo. Portanto, foi realizada a adição da classe *Tip*, possuindo um relacionamento com a classe *Question*, sendo necessária para satisfazer o requisito R04 (fornecer dicas que auxiliem na resolução dos problemas). A classe que foi adicionada está destacada em azul.

## 5.5 Resumo do Capítulo

O foco deste capítulo foi a apresentação das melhorias levantadas para o PDG e o processo de planejamento das melhorias.

Para a elicitação dos requisitos (Seção 5.1), foi utilizado o mapeamento dos critérios de acessibilidade para jogos educacionais, elaborado por [Belarmino et al. \(2021\)](#), em conjunto com os mecanismos de usabilidade selecionados.

O capítulo seguinte apresenta detalhadamente as atualizações planejadas para a nova interface do jogo, com os protótipos. Além disso, é apresentada a implementação arquitetural utilizada para determinados requisitos e as alterações necessárias no banco de dados da aplicação.

## 6 Implementação das melhorias para o PDG

Neste capítulo, é relatado o processo de implementação das melhorias planejadas no Capítulo 5, incluindo o estado atual do jogo após a implementação dessas melhorias, bem como as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento.

### 6.1 Condução do Desenvolvimento

Como mencionado no Capítulo 1, este trabalho faz parte de um Projeto de Pesquisa da Universidade de Brasília. Dentro desse projeto, o trabalho realizado por [Cirqueira e Junior \(2022\)](#) também implementou algumas melhorias no PDG utilizando diferentes mecanismos de usabilidade.

As melhorias implementadas no presente trabalho foram realizadas a partir da versão desenvolvida por [Cirqueira e Junior \(2022\)](#). Como os mecanismos selecionados nos dois trabalhos foram diferentes, não houveram conflitos para o desenvolvimento das melhorias levantadas, pelo contrário; os trabalhos se complementam.

Para o desenvolvimento das melhorias, foram necessárias alterações nos três repositórios de códigos-fonte do PDG, que estão armazenados na organização Recursos Digitais de Ensino Aprendizagem IHC<sup>1</sup>. Foi criada uma *branch* chamada “melhorias-usabilidade-acessibilidade” a partir da *branch* “melhorias-mecanismos-usabilidade” em cada um dos repositórios.

O processo de desenvolvimento foi dividido em *sprints* com duração de duas semanas. Ao início de cada *sprint*, o *backlog* com os próximos requisitos do projeto e os requisitos identificados na *sprint* anterior foram analisados. Por fim, foram planejados quais requisitos seriam abordados na *sprint* seguinte.

As tecnologias utilizadas por [Junior \(2021\)](#) no desenvolvimento do jogo foram: React.JS, uma biblioteca *front-end* JavaScript para criação de interfaces em páginas web, e Node.JS, como ambiente de execução utilizada para o desenvolvimento *back-end*.

Sendo as principais tecnologias conhecidas pelos autores, houve facilidade no entendimento da implementação existente, das regras de negócio e funcionalidades do jogo. No entanto, alguns *frameworks* utilizados pela aplicação foram novidade para os autores, como o TypeORM, para manipulação do banco de dados, e o Redux, utilizado para gerenciar o estado da aplicação. Foi necessário dedicar mais tempo para aprender a utilizar esses *frameworks* antes de aplicá-los aos requisitos planejados.

---

<sup>1</sup> <https://github.com/RecursosDigitaisdeEnsinoAprendizagemIHC>

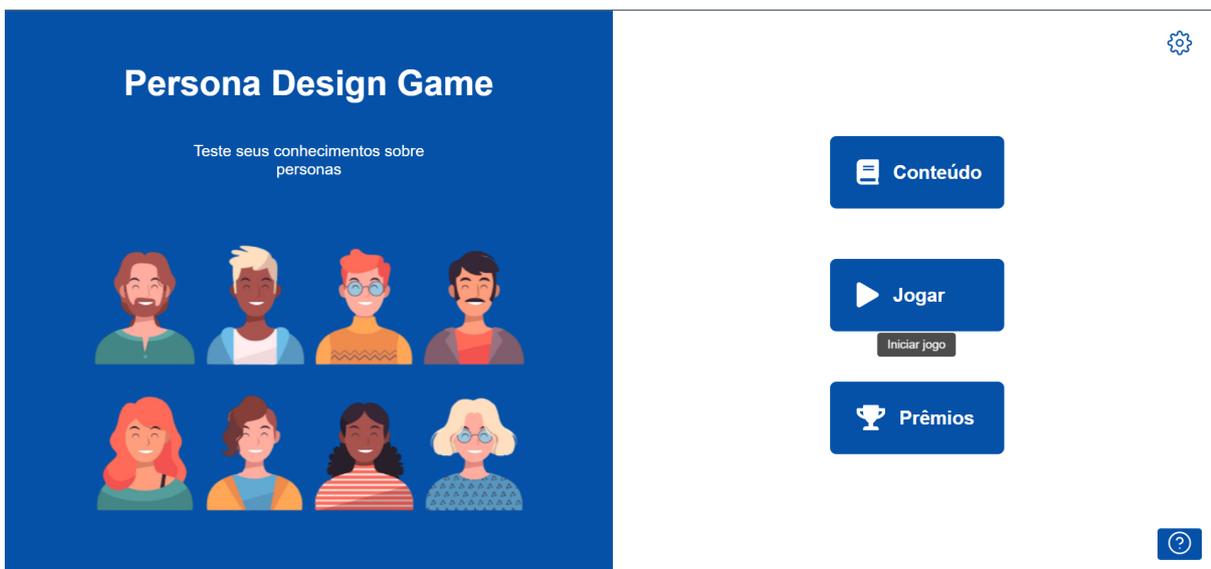
Independentemente das adversidades que se mostraram durante a implementação, todas as melhorias apresentadas nas seções seguintes foram realizadas.

## 6.2 Estado Final do Jogo

A nova versão do jogo buscou atender a todas as especificações definidas no planejamento do trabalho. As melhorias foram projetadas e construídas com atenção aos critérios de usabilidade e acessibilidade propostos. Com isso, esta seção apresenta o estado final do jogo, destacando suas funcionalidades e requisitos alcançados.

De acordo com o planejado na Seção 5.2, as figuras 23-29 mostram as telas do jogo após a implementação das melhorias. A Figura 23 apresenta como ficou a página inicial com o menu principal do jogo.

Figura 23 – Menu principal final do PDG.



Fonte: Autores.

O diferencial desta tela (Figura 23) para a versão original foi a adição da imagem ilustrativa representando as “personas” e, dois novos campos para o usuário: o de **configurações** e o de **ajuda**. As alterações foram combinadas com a nova identidade visual do jogo. Essa versão final conta com as funcionalidades planejadas no protótipo de alta fidelidade e apresenta as mudanças no design com a implementação dos requisitos:

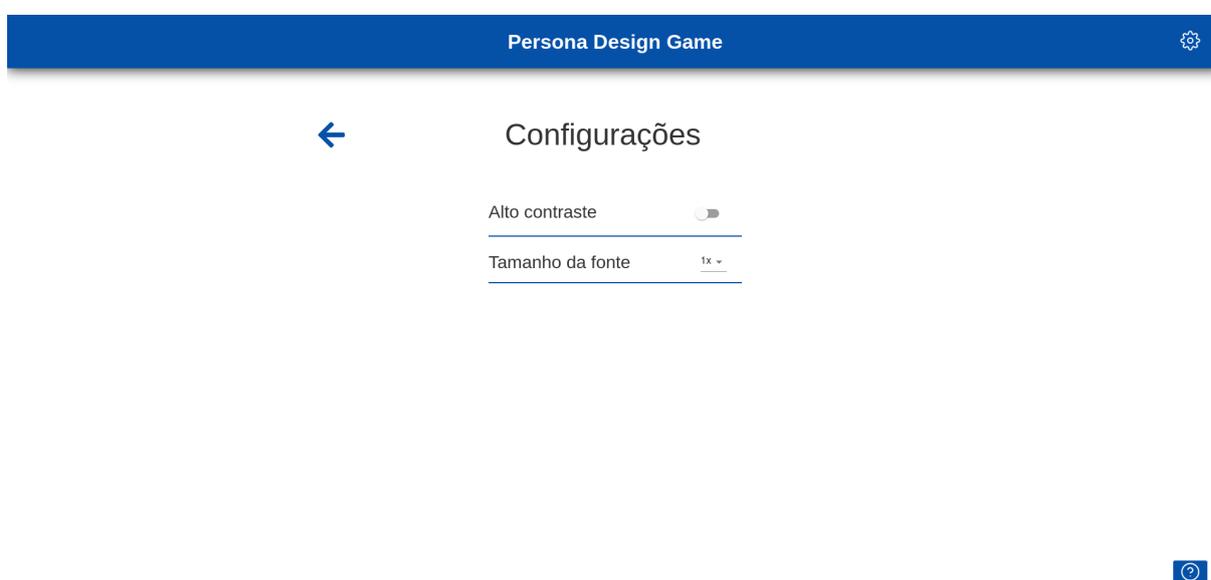
- **R07** - Garantir um bom contraste, inclusive para pessoas com daltonismo;
- **R09** - Evitar cores escuras ao fundo (para evitar cansaço visual);
- **R14** - Utilizar contorno ou negrito para destacar palavras;

- **R16** - Utilizar fontes menos estilizadas;
- **R17** - Garantir que os textos sejam textos simples e claros.

A Figura 24 apresenta as opções acessadas através do campo **configurações**. Este campo não existe na versão original do jogo. Quando selecionada a engrenagem no canto superior direito, são visualizadas as sugestões disponíveis ao usuário.

Na tela indicada pela Figura 24, diferente do que foi apresentado no protótipo (Figura 11), foram removidas as opções de **Sons** e **Leitor de Tela**. Isso ocorreu devido a complexidade da implementação em relação ao prazo de desenvolvimento do trabalho, pois não seria viável tendo em vista o semestre atípico menor que os regulares.

Figura 24 – Tela de configurações final do PDG.



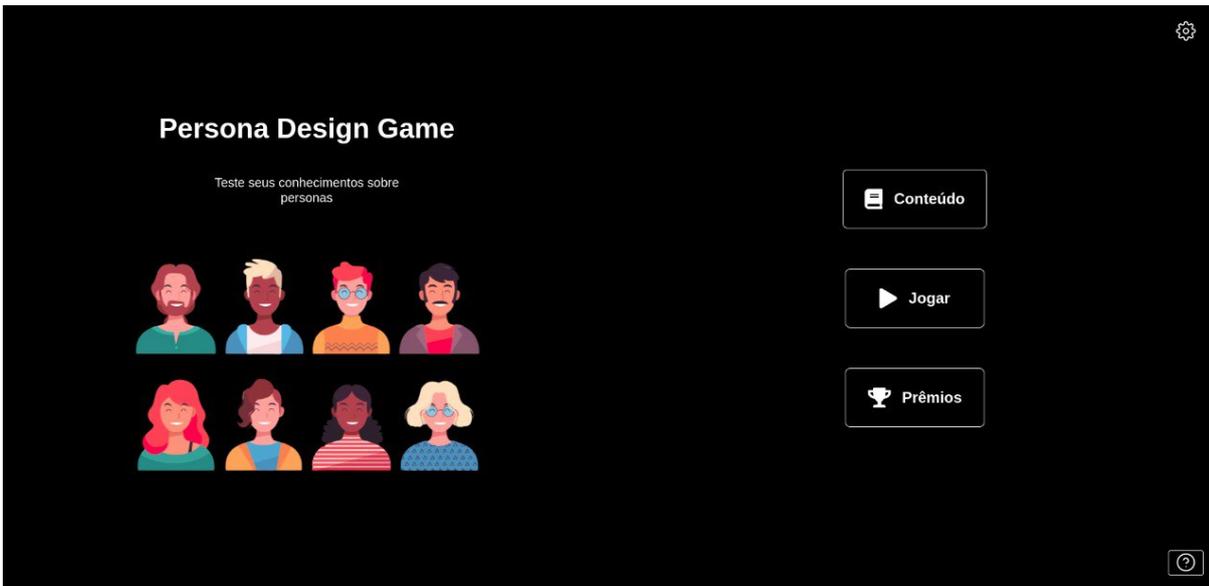
Fonte: Autores.

Essa última versão planejada (Figura 24) abrange a implementação dos seguintes requisitos:

- **R08** - Fornecer personalização de contraste (incluindo modo de alto contraste);
- **R18** - Fornecer opção de customizar a fonte (espaçamento, tamanho, cor);
- **R19** - Permitir que os usuários possam voltar;
- **R23** - Salvar as configurações.

As Figuras 25 e 26 mostram, respectivamente, a aplicação das configurações de alto contraste e tamanho da fonte.

Figura 25 – Menu principal com efeito de alto contraste.

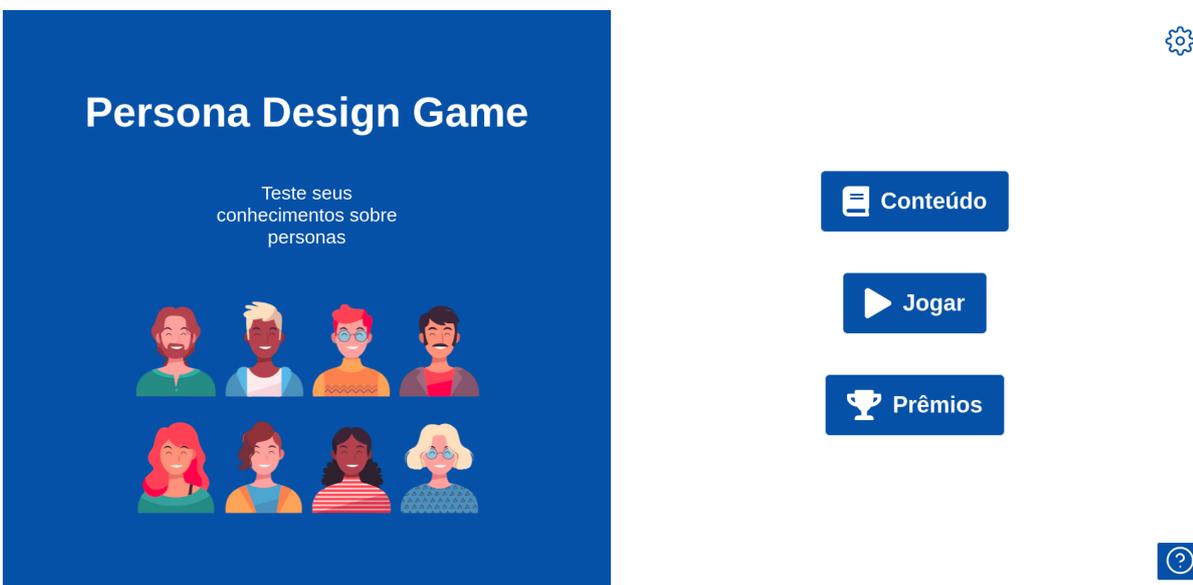


Fonte: Autores.

A Figura 25 mostra como os elementos da página inicial do jogo se adaptam com configuração alto contraste ativo em comparação ao layout padrão, como mostrado na Figura 23.

O efeito de alto contraste é utilizado para melhorar a visibilidade e a legibilidade do conteúdo exibido na tela, especialmente para pessoas com deficiências visuais. Além disso, esse efeito pode ser útil em ambientes com pouca iluminação, pois aumenta a visibilidade do conteúdo exibido na tela.

Figura 26 – Menu principal com aumento do tamanho da fonte.



Fonte: Autores.

A Figura 26 apresenta o ajuste dos elementos da página inicial do jogo quando aumentado o tamanho da fonte para 1,5x do tamanho normal do jogo. Além dos textos, ícones também se adaptam ou novo tamanho, apenas imagens não sofrem alterações.

Outra funcionalidade nova implementada foi o botão de ajuda. Indicado no canto inferior direito, como mostrado nas Figuras 23 e 24, que disponibiliza ao usuário instruções de ajuda sobre o jogo.

Ao clicar nesse botão, é aberta a aba de ajuda apresentado em formato de modal, como indicado na Figura 27. Nesta aba foram detalhados alguns aspectos do jogo: fases, perguntas e recompensas. O botão de ajuda quando selecionado, abre informações sobre a partida.

Figura 27 – Tela com instruções do jogo alta fidelidade.



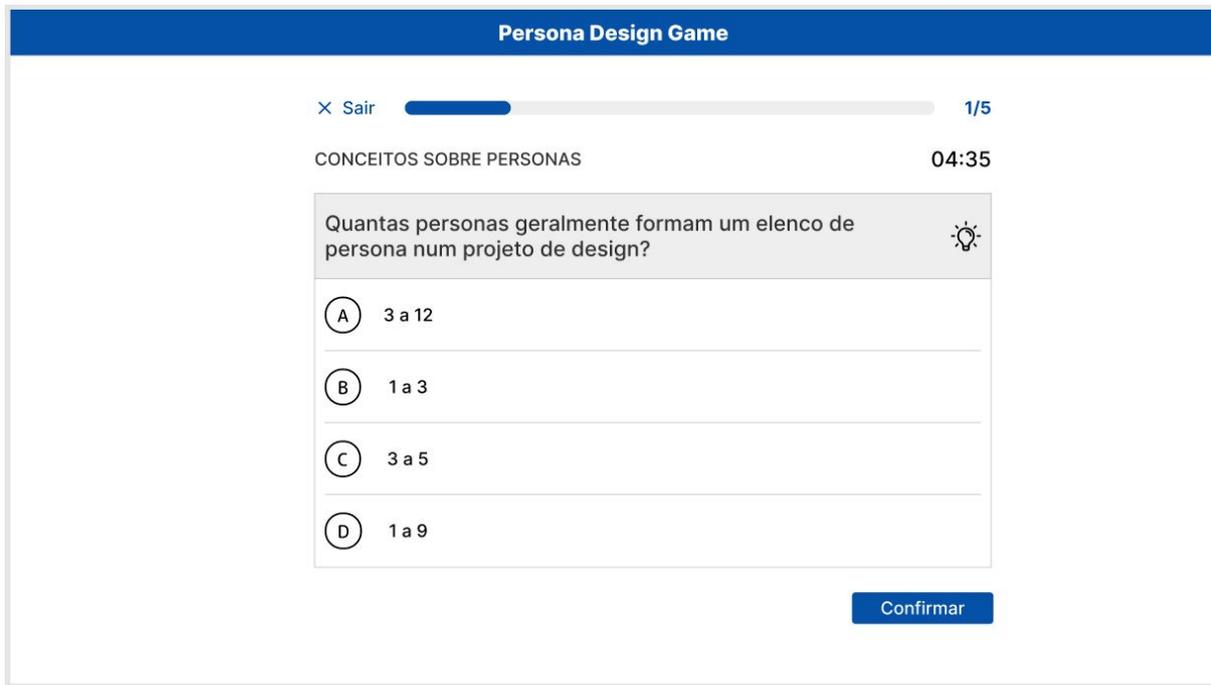
Fonte: Autores.

A implementação do campo de ajuda (Figura 27) abrange os requisitos:

- **R01** - Oferecer tutoriais e instruções;
- **R02** - Oferecer instruções em diferentes formatos (áudio, texto, imagens);
- **R03** - Apresentar dicas/lembretes dos objetivos do jogo;
- **R06** - Fornecer um sistema de ajuda e permitir seu acesso a qualquer momento;
- **R10** - Utilizar fontes com tamanho mínimo 18 e botões grandes para facilitar o entendimento;

Toda implementação final seguiu o padrão da nova paleta de cores e fontes, e pode ser visto na Figura 28. É possível ver que, como planejado, a nova versão do jogo conta com a tela mais limpa, melhor organização das informações dispostas na tela, indicação de progresso e opções de dica para pergunta.

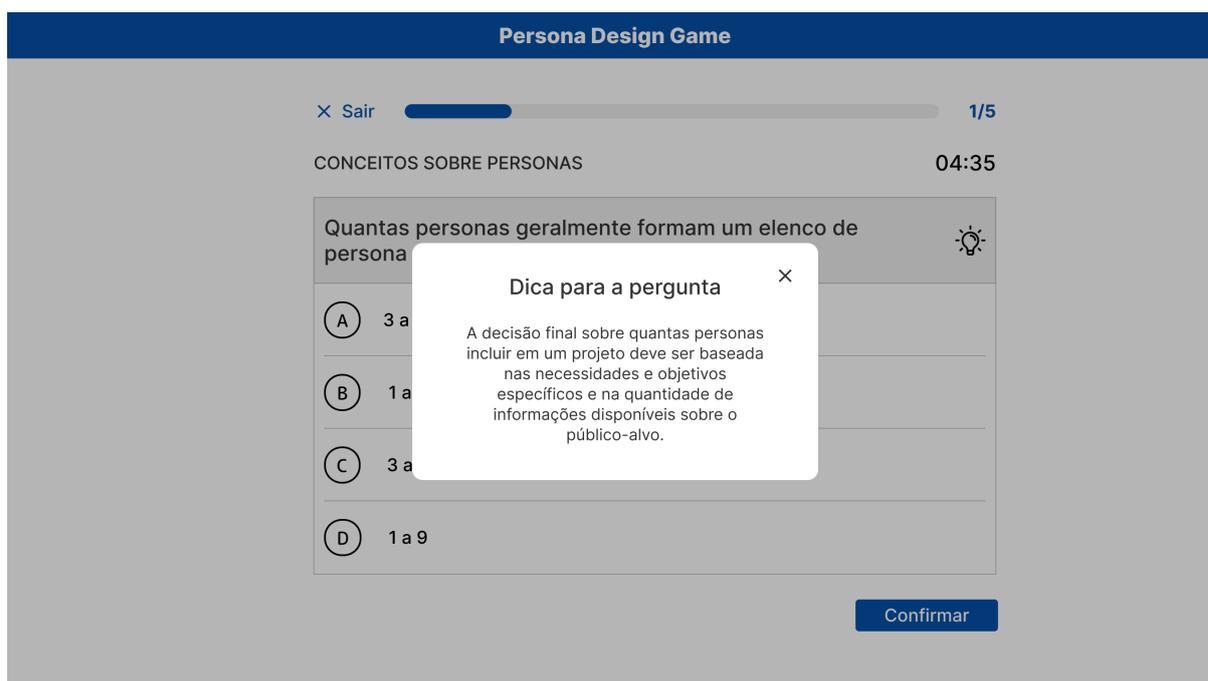
Figura 28 – Tela de perguntas alta fidelidade.



Fonte: Autores.

Na tela de perguntas, indicada na Figura 28, além do novo design, foi implementada a funcionalidade de dicas para o jogador, como mostrado na Figura 29. As dicas foram criadas, quando possível, baseadas no campo conteúdo (vide Figura 23) e nas vinte e sete perguntas existentes no jogo. Elas possuem frases curtas que apresentam ao usuário uma introdução sobre o assunto, ajudando-o a concluir sua resposta.

Figura 29 – Dica para a pergunta.



Fonte: Autores.

Ao clicar no botão com o ícone de lâmpada, ao lado do enunciado da questão, é aberto o modal com um texto de ajuda para a resolução da pergunta, como apresentado na Figura 29. Esse modal pode ser acessado quantas vezes o usuário quiser, e ao clicar fora do modal ou no ícone do canto superior direito da caixa branca, o modal é fechado. A implementação de dicas abrange o requisito **R04** - Fornecer dicas que auxiliem na resolução dos problemas.

## 6.3 Resumo do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os resultados da implementação e observações do desenvolvimento das melhorias propostas no Capítulo 5.

O capítulo é dividido em duas seções. Na primeira, são expostos os detalhes da organização da dupla para o desenvolvimento das tarefas, incluindo o processo utilizado e as dificuldades encontradas durante a implementação das melhorias propostas.

Na segunda seção, é apresentado o resultado final do projeto, mostrando como ficou o jogo após a implementação dos mecanismos de usabilidade em conjunto com critérios de acessibilidade. Para cada alteração realizada são indicados os requisitos que foram atingidos no trabalho.



## 7 Conclusão

Este projeto propôs-se a avaliar, apontar e implementar melhorias na usabilidade e acessibilidade de um jogo de ensino-aprendizagem. Para a avaliação, foram selecionados os jogos digitais PersonaDesignGame (PDG) (JUNIOR, 2021) e Universidade das Heurísticas (OLIVEIRA; NAVES, 2021), que são jogos focados em conceitos sobre Interação Humano-Computador (IHC). Por ser um sistema com o desenvolvimento finalizado, foi escolhido para avaliação apenas o PDG.

O PDG foi desenvolvido para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos sobre personas em IHC. O projeto inicial, desenvolvido por Junior (2021), é open source e foi contruído em três repositórios: persona-gameweb<sup>1</sup>, persona-game-api<sup>2</sup> e games-q-a-api<sup>3</sup>.

A revisão bibliográfica dos conceitos sobre IHC, usabilidade e acessibilidade são apresentados no Capítulo 2. Neste trabalho, os mecanismos de usabilidade (Tabela 1), propostos por Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2007), foram utilizados para execução da avaliação do jogo (Capítulo 3). A partir do estudo dessa bibliografia, foi possível atingir o objetivo **OE1: aprimorar os conhecimentos sobre Interação Humano-Computador, mecanismos de usabilidade, jogos de ensino-aprendizagem e acessibilidade digital.**

De acordo com Juristo, Moreno e Sanchez-Segura (2006), os *Usability Elicitation Patterns* ajudam os desenvolvedores a extrair as informações necessárias para especificar completamente um mecanismo de usabilidade. A partir destes padrões, foram realizadas avaliações da usabilidade do jogo para identificar quais mecanismos não foram implementados, para posteriormente selecionar alguns para desenvolvê-los.

A avaliação foi feita inicialmente pela dupla de autores, mas contou com a participação de outra dupla para validação dos resultados. Ao final, foram constatados a inexistência dos mecanismos de usabilidade: Alerta, Preferências e Ajuda multinível. Os mecanismos implementados parcialmente foram: Estado do sistema e Execução passo-a-passo. Dessa forma, atingindo o objetivo **OE2: avaliar o jogo utilizando-se de mecanismos de usabilidade.**

Para a proposta de melhoria do jogo foram selecionados três mecanismos de usabilidade: **Execução passo-a-passo, Preferências e Ajuda multinível**, Satisfazendo com isso o objetivo **OE3: definir quais mecanismos de usabilidade serão imple-**

<sup>1</sup> <https://github.com/RecursosDigitaisdeEnsinoAprendizagemIHC/persona-game-web>

<sup>2</sup> <https://github.com/RecursosDigitaisdeEnsinoAprendizagemIHC/persona-game-api>

<sup>3</sup> <https://github.com/RecursosDigitaisdeEnsinoAprendizagemIHC/games-q-a-api>

mentados.

Para o planejamento e implementação das melhorias foram aplicados conceitos fundamentais da Engenharia de Software como, por exemplo: levantamento de requisitos (Seção 5.1), criação dos protótipos (Seção 5.2), desenho da arquitetura do *software* (Seção 5.3) e modelagem do banco de dados (Seção 5.4).

Durante o processo de planejamento e implementação, foi considerada a adição de critérios básicos de acessibilidade na definição das propostas. Sendo assim, foram implementados aspectos que aprimoram a acessibilidade do PDG, a partir dos mecanismos de usabilidade selecionados. Para isso, foram seguidas as diretrizes e recomendações que contribuem no desenvolvimento de conteúdo web de forma acessível. Com a implementação finalizada, foi atingido o objetivo **OE4: projetar e implementar melhorias de usabilidade do jogo**.

Após a realização das etapas descritas previamente, o objetivo geral desse trabalho - **propor melhorias em um jogo digital de ensino-aprendizagem utilizando-se de mecanismos de usabilidade relacionados à acessibilidade** - foi atingido.

As melhorias de usabilidade implementadas no PDG podem proporcionar uma melhor interação do usuário na versão atual do jogo. Isso se deve à obtenção de uma tela mais limpa, com cores mais contrastantes e fontes menos estilizadas. Além disso, as opções de preferências e ajuda ao usuário estão disponíveis durante toda a navegação do jogo, o que torna o jogo mais fácil de usar.

Apesar de serem melhorias simples, dos vinte e um requisitos implementados, acredita-se que tenham sido bastante efetivas na interface, impactando tanto a usabilidade quanto a experiência do usuário, além de contribuir para a acessibilidade do jogo.

Esse trabalho foi uma grande oportunidade para conhecer mais sobre jogos de ensino-aprendizagem, acessibilidade digital e avaliação de usabilidade através de um novo conceito para os autores: mecanismos de usabilidade. Além disso, permitiu a aplicação de diversos conteúdos estudados durante o curso de Engenharia de Software.

## 7.1 Futuras Evoluções

A implementação das melhorias de usabilidade no PDG revelou algumas possíveis evoluções que, por questão de tempo e escopo, não foram abordadas nesse trabalho.

A realização de testes de usabilidade com usuários reais, poderia revelar mais pontos de melhora para o jogo. Utilizar ferramentas para avaliação automática de acessibilidade<sup>4</sup>, com o intuito de averiguar se os códigos HTML e CSS seguem critérios baseados nos Padrões Web do W3C; WCAG - Web Content Accessibility Guidelines; ou, eMAG

<sup>4</sup> <https://cta.ifrs.edu.br/extensoes-que-auxiliam-na-avaliacao-de-acessibilidade/>

---

- Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico; também poderiam apontar novas funcionalidades a serem evoluídas e melhorar a usabilidade do jogo. Não foi possível implementar algumas configurações planejadas (Sons e Leitor de Tela); portanto, em uma futura evolução, seria interessante considerar tais configurações ou elaborar outras que contribuam para o aprimoramento do jogo.



## Referências

- ALMAZROI, A. A. A systematic mapping study of software usability studies. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, Jeddah, Saudi Arabia, v. 12, n. 09, p. 228–241, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.
- ANASTASIADIS, T.; LAMPROPOULOS, G.; SIAKAS, K. Digital game-based learning and serious games in education. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, v. 4, n. 12, p. 139–144, 2018. Citado na página 32.
- ARAÚJO, P. A. M. D.; EDDINE, E. A. C. The reviews of users of the duolingo application: usability and objectivity in the learning process. *International Journal of Research*, n. 9, p. 5–15, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. da. Interação humano-computador. *Elsevier*, p. 891–921, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 29, 34, 40, 42 e 43.
- BELARMINO, G. et al. Critérios de acessibilidade para jogos educacionais digitais que visam o desenho universal. SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, p. 667–678, 2021. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/18096>>. Citado 3 vezes nas páginas 32, 55 e 70.
- BIAS, R. G.; MAYHEW, D. J. *Cost-justifying usability: An update for the Internet age*. [S.l.]: Elsevier, 2005. Citado na página 29.
- BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A. C.; JR., O. F. L. Metodologia de estudo de casos aplicada à logística. Campinas, Brasil, 2010. Citado na página 24.
- CARD, S. K.; MORAN, T. P.; NEWELL, A. The psychology of human-computer interaction. CRC Press, 1983. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=2EoPEAAAQBAJ>>. Citado na página 29.
- CIRQUEIRA, J. P. S.; JUNIOR, M. M. S. *Avaliação e melhoria de jogos para aprendizagem de IHC: implementando mecanismos de usabilidade*. Brasília, Brasil, 2022. 145 p. Citado na página 71.
- COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 20, n. 1, p. 37–46, 1960. Citado na página 43.
- CORAM, T.; LEE, J. *Experiences – A Pattern Language for User Interface Design*. 1996. Disponível em: <<http://www.maplefish.com/todd/papers/Experiences.html>>. Citado na página 30.
- DUTRA, T. C. et al. Métodos de avaliação de ihc no contexto de jogos sérios educacionais: Um mapeamento sistemático. In: SBC. *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.], 2021. p. 564–575. Citado na página 32.
- FERREIRA, J. M. et al. Impact of usability mechanisms: An experiment on efficiency, effectiveness and user satisfaction. *Information and Software Technology*. Elsevier, p. 891–921, 2019. Citado 3 vezes nas páginas 30, 36 e 37.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. *Série Educação a Distância - UFRGS*, Porto Alegre, Brasil, 2009. Citado na página 23.

GIL, A. C. et al. Como elaborar projetos de pesquisa. Atlas São Paulo, v. 4, 2002. Citado na página 22.

GOV. *Acessibilidade Digital*. 2022. <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acesibilidade-digital>>. Accessed: 2022-05-20. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 35.

HARPER, S.; YESILADA, Y. Web accessibility and guidelines. In: \_\_\_\_\_. [S.l.: s.n.], 2008. v. 15, p. 61–78. ISBN 9781848000490. Citado na página 35.

HEWETT, T. T. et al. *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction*. [S.l.]: ACM, 1992. Citado na página 29.

ISO-26514:2019. *Systems and software engineering — Requirements for designers and developers of user documentation*. [S.l.], 2008. 143 p. Citado na página 34.

ISO-9241-171:2008. *Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility*. [S.l.], 2008. 88 p. Citado na página 34.

ISO-9241-210:2019. *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Humancentred design for interactive systems*. [S.l.], 2019. 33 p. Citado na página 29.

JUNIOR, R. R. P. *PersonaDesignGame (PDG): Um Jogo Educacional sobre Personas*. Brasília, Brasil, 2021. 91 p. Citado 18 vezes nas páginas 33, 34, 39, 40, 49, 57, 58, 60, 61, 63, 65, 69, 70, 71, 79, 97, 98 e 99.

JURISTO, N.; MORENO, A. M.; SANCHEZ-SEGURA, M. I. Usability elicitation patterns (useps). 2006. Disponível em: <<http://www.grise.upm.es/sites/extras/2/>>. Citado 4 vezes nas páginas 41, 43, 49 e 79.

JURISTO, N.; MORENO, A. M.; SANCHEZ-SEGURA, M. I. Guidelines for eliciting usability functionalities. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 33, n. 11, p. 891–921, 2007. ISSN 00985589. Citado 14 vezes nas páginas 21, 29, 30, 31, 37, 42, 49, 50, 51, 52, 55, 79, 91 e 92.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, [Wiley, International Biometric Society], v. 33, n. 2, p. 363–374, 1977. ISSN 0006341X, 15410420. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2529786>>. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 47.

NIELSEN, J. *Usability engineering*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1994. Citado na página 21.

NIELSEN, J. Usability inspection methods. *Conference companion on Human factors in computing systems*, p. 891–921, 1994. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 43.

NORMAN, D. A. *The psychology of everyday things*. [S.l.]: Basic books, 1988. Citado na página 29.

OLIVEIRA, C. M.; NAVES, L. M. C. *Universidade das Heurísticas: Um jogo para ensino-aprendizagem das heurísticas de Nielsen*. Brasília, Brasil, 2021. 73 p. Citado 4 vezes nas páginas 33, 35, 40 e 79.

- PREECE, J.; ROMBACH, H. A taxonomy for combining software engineering and human-computer interaction measurement approaches: towards a common framework. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 41, n. 4, p. 553–583, 1994. ISSN 1071-5819. Citado na página 29.
- PRENSKY, M. Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE)*, ACM New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 21–21, 2003. Citado na página 32.
- PRIETO, L. M. et al. Uso das tecnologias digitais em atividades didáticas nas séries iniciais. *Renote*, v. 3, n. 1, 2005. Citado na página 32.
- RAMOS, D. K.; SILVA, G. A. da; MACEDO, C. C. Jogos digitais e emoções: um estudo exploratório com crianças. *Revista Pedagógica*, v. 22, p. 1–21, 2020. Citado na página 21.
- RODRIGUES, M. S. e Rodolfo Resende e Lucas Prado e Edgar Fonseca e Flavio Carvalho e A. Sparse: Um ambiente de ensino e aprendizado de engenharia de software baseado em jogos e simulação. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 1, n. 1, 2012. ISSN 2316-6533. Disponível em: <<https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1457>>. Citado na página 32.
- RODRÍGUEZ, F. D.; ACUÑA, S. T.; JURISTO, N. Design and programming patterns for implementing usability functionalities in web applications. *Journal of Systems and Software*, v. 105, p. 107–124, 2015. ISSN 0164-1212. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121215000795>>. Citado 5 vezes nas páginas 30, 36, 37, 66 e 68.
- SILVA, A. C. e David Barbosa e C. Uma análise comparativa entre jogos educativos visando a criação de um jogo para educação ambiental. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 1, n. 1, 2012. ISSN 2316-6533. Disponível em: <<https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1439>>. Citado na página 32.
- SOMMERVILLE, I. *Software engineering*. [S.l.]: Pearson Education India, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 57.
- TIDWELL, J. *A Pattern Language for Human-Computer Interface Design*. 1999. Disponível em: <[https://www.mit.edu/~jtidwell/common\\_ground\\_onefile.html](https://www.mit.edu/~jtidwell/common_ground_onefile.html)>. Citado na página 30.
- TORRENTE, J. et al. Towards universal game development in education. In: . [S.l.: s.n.], 2012. p. 160–169. ISBN 978-3-642-33641-6. Citado na página 35.
- WCAG. *Web Content Accessibility Guidelines*. 2018. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG21/>>. Citado 3 vezes nas páginas 35, 49 e 50.
- WELIE, M. van; VEER, G. C. van der; ELIËNS, A. Patterns as tools for user interface design. *Tools for Working with Guidelines*, p. 313–324, 2001. Citado na página 30.



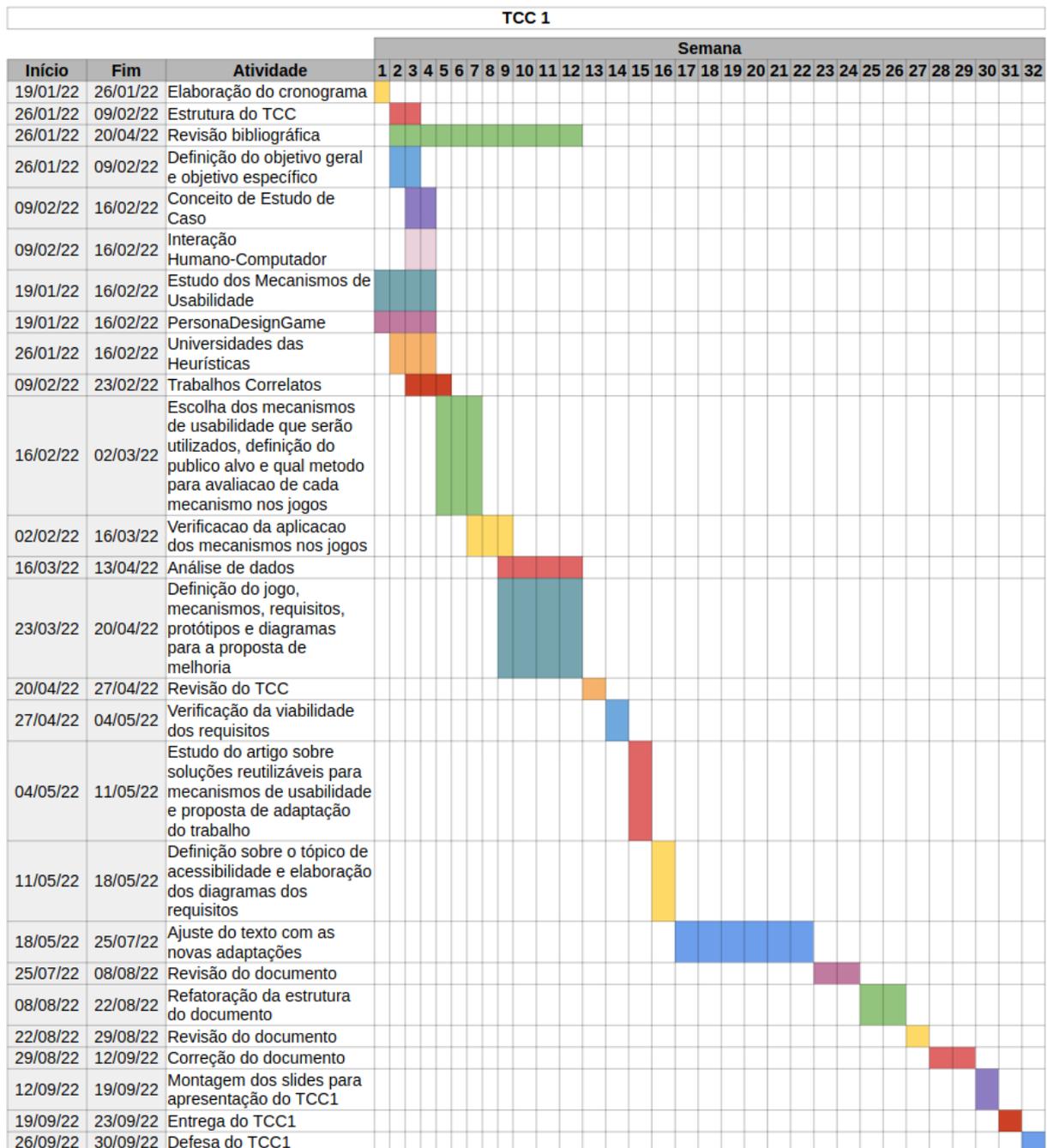
# Apêndices



# APÊNDICE A – Cronograma

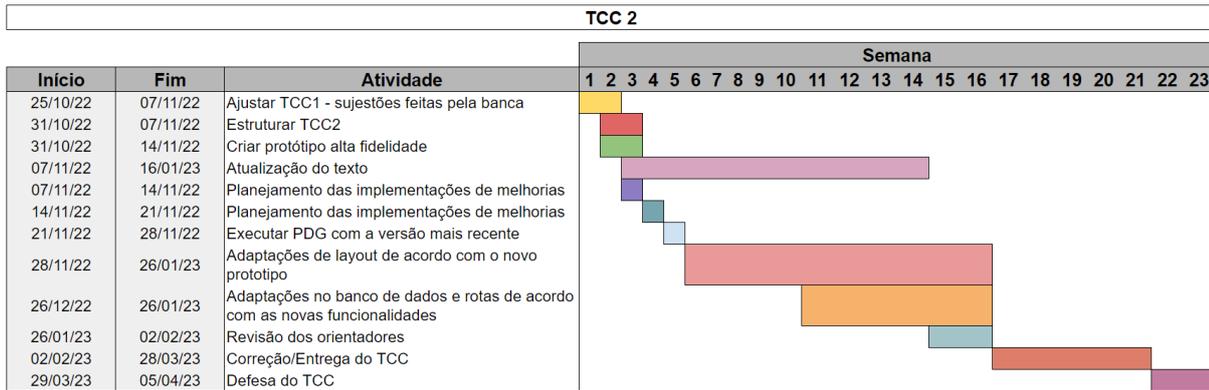
As atividades desenvolvidas na presente pesquisa foram desenvolvidas de acordo com o cronograma indicado nas Figuras 30 e 31, cada uma com seu respectivo período de execução.

Figura 30 – Cronograma do TCC1.



Fonte: Autores.

Figura 31 – Cronograma do TCC2.



Fonte: Autores.

As atividades foram desenvolvidas durante a execução do TCC1 e TCC2. Devido a alterações no escopo e outras adversidades, o TCC1 necessitou de um tempo maior para sua realização.

## APÊNDICE B – Guia para avaliação dos mecanismos de usabilidade

A Tabela 8 apresenta as questões que foram elaboradas com base em [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#), com as informações necessárias para verificar a existência ou não dos mecanismos de usabilidade no jogo.

Tabela 8 – Guia para avaliação dos mecanismos de usabilidade.

Mecanismos	Questão(ões)
Estado do sistema	1. O sistema informa sobre falhas? (Operação que não foi possível a sua conclusão, por razões que não envolvam ações do usuário) 2. O sistema informa sobre problemas com recursos externos, providos pelo usuário?
Interação	1. O sistema demonstra que as interações do usuário com a aplicação, tais como clique em um botão na tela, colocar o mouse sobre algum elemento da tela, entre outros, foram aceitas? (Carregamento ao trocar de página, por exemplo)
Alerta	1. Ações críticas, abandonar uma pergunta, por exemplo, são informadas com as devidas consequências ao usuário e requerem a confirmação do mesmo?
Informar sobre longa duração	1. Tarefas do sistema que possuem mais de dois segundos para sua conclusão, são informadas ao usuário sobre esse tempo?
Desfazer global	1. É possível desfazer e refazer ações executadas ou não pelo usuário? (por exemplo, recarregar informações da página)
Desfazer específico	1. É possível desfazer uma ação específica do usuário?
Abortar operação	1. Durante a execução de uma tarefa, o sistema disponibiliza alguma opção para que o usuário cancele/abandone tal tarefa?
Voltar	1. Em tarefas que possuem mais de um passo, em diferentes telas do sistema, para sua conclusão, é disponibilizado uma opção para o usuário voltar ao passo anterior? 2. Dentro das telas do sistema possui uma opção para voltar para um local “seguro“ (tela inicial, por exemplo)?
Entrada de texto estruturada	1. Dados que devem ser preenchidos em um formato específico são informado ao usuário da necessidade dessa formatação?
Execução passo-a-passo	1. Em tarefas que possuem três ou mais sub tarefas, é apresentado ao usuário a quantidade de sub tarefas e em qual delas o usuário se encontra? 2. Em tarefas que possuem três ou mais sub tarefas, é informado ao usuário quais informações ou ações são necessárias a conclusão de cada sub tarefa?
Preferências	1. O sistema disponibiliza opções para customização (mudança de cores, fontes, entre outros)?
Área de objetos pessoais	1. É possível alterar a ordem dos elementos na tela, de acordo com a preferência do usuário?
Favoritos	1. O usuário consegue salvar elementos ou ações do sistema para que possam ser acessadas de maneira mais fácil/rápida?
Ajuda multinível	1. O sistema disponibiliza ajuda para que todos os usuários possam completar suas tarefas?
Agregação de comando	1. Para tarefas que possuem uma sequência longa e repetitiva de ações, é possível que o usuário salve essa sequência de ações para futuras interações com o sistema?

Fonte: Adaptado de [Juristo, Moreno e Sanchez-Segura \(2007\)](#).

A Tabela 8 apresenta os mecanismos que foram inspecionados na avaliação baseado nas questões definidas. Com as questões, os avaliadores anotaram se o mecanismo foi ou não violado com uma breve descrição da justificativa. Cada interface foi percorrida pelo menos duas vezes: uma, para obter uma visão de conjunto e, outra, para examinar cuidadosamente os elementos de cada tela identificando a situação dos mecanismos apontados na tabela acima.



# Anexos

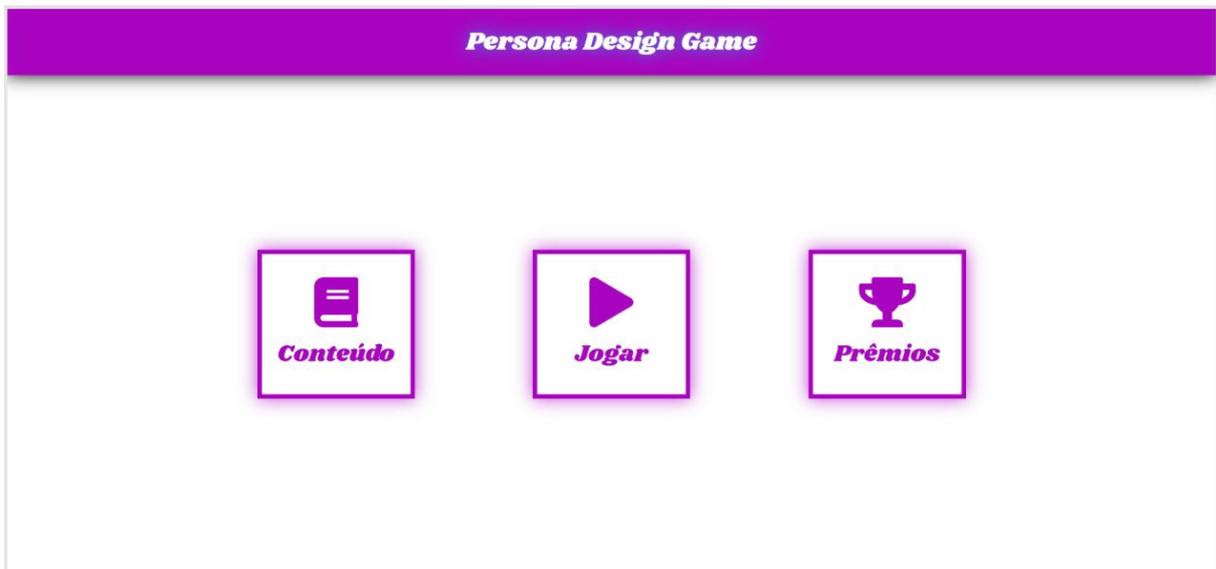


# ANEXO A – Telas originais

## PesonaDesignGame

Este anexo apresenta o estado original de algumas telas do jogo PesonaDesign-Game desenvolvido por Junior (2021).

Figura 32 – Tela menu inicial.



Fonte: Junior (2021).

Figura 33 – Tela conteúdos.



Fonte: Junior (2021).

Figura 34 – Tela recompensas.



Fonte: Junior (2021).