

**FERNANDO VICENTE GRANDO MONTEIRO
GABRIEL DA CUNHA RODRIGUES**

**Jogo de apoio ao ensino de matemática básica para adolescentes
com deficiência intelectual**

**São Paulo
2020**

**FERNANDO VICENTE GRANDO MONTEIRO
GABRIEL DA CUNHA RODRIGUES**

**Jogo de apoio ao ensino de matemática básica para adolescentes
com deficiência intelectual**

Projeto de Formatura do Curso de
Engenharia Elétrica com Ênfase em
Computação apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

Área de Concentração:
Interação Humano-Computador

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lucia Vilela Leite
Filgueiras

**São Paulo
2020**

AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais, por todo o apoio sem o qual não teríamos chegado até aqui.

À Professora Lucia Filgueiras, pela orientação, acompanhamento constante e participação ativa em todas as etapas deste trabalho.

À Diretora da Escola Politécnica, Liedi Bernucci, pela prontidão e confiança depositada em nós ao dar aval à nossa pesquisa.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Psicologia da USP, pela aprovação do nosso projeto de pesquisa.

À Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP, pela parceria fundamental para o sucesso do nosso trabalho.

À Professora Maria de Fátima Morissawa, vice-diretora da Escola de Aplicação, pelas portas abertas e todas as contribuições.

À Professora Ana Paula Zerbato, do Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da Faculdade de Educação da USP, pela parceria e por toda a ajuda, desde a concepção do projeto até os testes finais.

Aos Professores de Matemática: Ernani de Moraes, Henri da Silva e Josenilton de Franca, e às Professoras de Educação Especial: Ingrid Lopes e Samara da Costa, da Escola de Aplicação, por compartilharem sua experiência e por todas as ideias e sugestões que embasaram o nosso jogo.

Ao Professor Ricardo Nakamura, pela indicação de ferramentas e todo o aprendizado sobre Design de Jogos, que foi essencial à implementação do jogo.

À Dra. Luciana Borges, pelas orientações a respeito do PD4CAT, metodologia de sua autoria que baseou nosso Design Participativo.

À aluna que participou da nossa pesquisa e sua família, pela solicitude em todo o processo e pela oportunidade de aprendizado.

À designer Gabriela Momberg, que através de seus desenhos, deu forma, cor e vida à nossa imaginação.

À psicopedagoga Luciani Santos, pela análise do potencial didático do nosso jogo.

Aos amigos Caio Teixeira e Beatriz de Oliveira, pelas contribuições ao projeto durante a disciplina de Interação Humano-Computador e pelo apoio na aplicação do nosso Estudo de Usuário.

Às professoras Ana Lúcia Zangaro, Cristina Afonso, Hérika de Oliveira, Karoline Yamaguti, Natália Flores e Regina Tarifa, por compartilharem suas experiências conosco e a todas as mães e pais de pessoas com deficiência que participaram do nosso Estudo de Usuário.

Ao amigo Daniel Lavedonio, pelas melhorias de segurança e armazenamento de dados da plataforma de acompanhamento dos professores.

À amiga Mariana Ohira, por fornecer o aparelho em que foram realizados os testes de usabilidade.

Ao amigo Vitor Trevisan, por apresentar o gênero musical que inspirou a composição da trilha sonora do jogo.

Aos amigos que ajudaram nos testes do jogo, encontrando erros e dando sugestões de melhoria.

RESUMO

As plataformas digitais, como computadores, *tablets* e celulares estão ganhando cada vez mais espaço no ramo da educação. Existem diversas aplicações voltadas ao ensino de competências básicas, mas muitas possuem uma abordagem infantilizada e poucas entre elas são projetadas para contemplar pessoas com deficiência intelectual. Essa pesquisa teve como objetivo desenvolver um jogo que apoie o ensino de Matemática Básica para estudantes com deficiência intelectual, com foco nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Para isso, utilizaram-se conceitos de Design Centrado no Humano e adotou-se uma metodologia de Design Participativo que envolveu uma aluna com deficiência intelectual do 9º ano do Ensino Fundamental, além de professores de Matemática e professoras de Educação Especial da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP, instituição com a qual se firmou parceria. Como resultado da pesquisa, construiu-se um jogo customizado para a participante da pesquisa, que também pode ser adaptado para outros contextos, além de uma plataforma de acompanhamento para professores.

Palavras-chave: Design Centrado no Humano. Design Participativo. Jogo educativo. Jogo de matemática. Deficiência Intelectual. Educação Especial. Matemática Básica. Sistema de informação. Interação Humano-Computador. Design de Jogos. Customização. Engenharia de Software.

ABSTRACT

Digital platforms, such as computers, tablets and smartphones have considerably grown in popularity and usage in education. Many applications have been developed to address basic math concepts. But the majority of them take an approach that is rather infantilized. Besides, a lot of these solutions are not suitable for people with intellectual disabilities. The following research aims at the development of a mobile game to support math education for students at an age corresponding to Middle School and High School. For this purpose, Human Centered Design tools and a Participatory Design based methodology will be applied in partnership with the Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP and a Middle School student of the institution. As for the result of this research, an educational game was built to tackle the particularities of the student that took part in the project. The resulting tool could also be modified and adapted to the context of other students. A monitoring tool was also developed for the student's teacher to use.

Keywords: Human Centered Design. Participatory Design. Educational game. Math Game. Intellectual Disability. Special Education. Basic Math. Information System. Human-Computer Interaction. Game Design. Personalization. Software Engineering.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	OBJETIVO	3
1.2	JUSTIFICATIVA	3
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	5
2	ASPECTOS CONCEITUAIS	6
2.1	DEFICIÊNCIA INTELECTUAL	6
2.2	MATEMÁTICA BÁSICA	7
2.3	DESIGN DE JOGOS	11
2.3.1	<i>Acessibilidade</i>	11
2.3.2	<i>Jogabilidade</i>	12
2.3.3	<i>Diversão</i>	13
2.4	DESIGN PARTICIPATIVO	14
2.4.1	<i>PD4CAT</i>	14
3	METODOLOGIA DE TRABALHO	16
3.1	PESQUISAS EXPLORATÓRIAS	16
3.2	ESTUDO DE USUÁRIO	16
3.3	DESIGN PARTICIPATIVO	17
3.3.1	<i>Parceria de pesquisa</i>	17
3.3.2	<i>Submissão do projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa</i>	18
3.3.3	<i>Etapa 0: Preparação</i>	19
3.3.4	<i>Desenvolvimento paralelo</i>	20
3.3.5	<i>Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa</i>	21
3.3.6	<i>Etapa 1: Composição da Equipe</i>	22
3.3.7	<i>Etapa 2: Design da Solução</i>	24
3.3.8	<i>Etapa 3: Teste de Usabilidade</i>	26
4	ESTUDO DE USUÁRIO	28
4.1	METODOLOGIA	28
4.2	RESULTADOS	29
5	BENCHMARKING	42
5.1	JOGOS DE MATEMÁTICA IMPLÍCITOS E EXPLÍCITOS	42
5.2	JOGOS INFANTIS E ADULTOS	44

5.3	JOGOS DE COZINHAR	45
6	ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA	48
6.1	LEVANTAMENTO INICIAL DE REQUISITOS.....	48
6.2	STORYBOARD DO JOGO.....	53
6.2.1	<i>Abordagem didática.....</i>	<i>58</i>
6.3	PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO	59
7	TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	62
7.1	JOGO.....	62
7.2	PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO	64
8	PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO	66
8.1	PRIMEIRA VERSÃO DO JOGO.....	66
8.2	VERSÃO FINAL DO JOGO	72
8.3	PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO	79
9	TESTES E AVALIAÇÃO.....	86
9.1	PRIMEIRA VERSÃO DO JOGO	86
9.1.1	<i>Avaliação geral.....</i>	<i>86</i>
9.1.2	<i>Avaliação individualizada.....</i>	<i>89</i>
9.2	VERSÃO FINAL DO JOGO	90
9.3	PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO	93
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
10.1	CONCLUSÕES DO PROJETO DE FORMATURA.....	95
10.2	CONTRIBUIÇÕES	95
10.3	PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE.....	96
	REFERÊNCIAS.....	98
	APÊNDICE A É PROJETO SUBMETIDO AO CEP	101
	APÊNDICE B É PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	132

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho de formatura é desenvolver um jogo que apoie o ensino de Matemática Básica para estudantes com deficiência intelectual, com foco nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. O aplicativo foi desenvolvido baseado nos princípios do Design Centrado no Humano, aplicando uma metodologia de Design Participativo que permitisse projetar interfaces e experiências adequadas às individualidades desses estudantes.

Com o desenvolvimento desse aplicativo, pretende-se contribuir para a remoção de barreiras no aprendizado de Matemática, promovendo a inclusão de alunos com deficiência intelectual nas salas de aula e colaborando para aumentar a autonomia dos estudantes em situações cotidianas, que utilizem conhecimentos relacionados à disciplina.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos dias de hoje, diversas tecnologias são utilizadas como recurso de apoio no ensino de estudantes e há uma vasta gama de aplicativos para dispositivos móveis focados no aprendizado de várias disciplinas. No contexto da pandemia de COVID-19 estabelecido em 2020, em que escolas foram fechadas e estudantes tiveram que se confinar em suas casas, dando continuidade aos estudos de forma remota, tais recursos ganharam ainda mais relevância. Segundo um estudo realizado pelo Google, analisando as mudanças no comportamento do consumidor desde o início do distanciamento social, houve um aumento de 46% nas buscas relacionadas a softwares de educação e de 6% em buscas sobre educação especial (CURI; BARRENCE, 2020).

Os celulares tornaram-se os dispositivos mais utilizados por estudantes para acessar conteúdos educativos. O fato de que aplicativos podem ser acessados a qualquer momento e em qualquer lugar aumenta a atenção do usuário ao material didático, encorajando e motivando o aprendizado (SUMUAL; BATMETAN; KAMBEY, 2019). Entretanto, estudantes público-alvo da educação especial correm o risco de

terem que usar uma ferramenta que não é adaptada para suas necessidades e aptidões (KARPOVA; CULÉN, 2013).

A inclusão de alunos com deficiência intelectual no ensino regular é garantida pela Lei Nº 13.146, de julho de 2015, também chamada de Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. No Artigo 28, item III, a lei prevê que o poder público assegure um projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, atendendo características dos estudantes, garantindo o pleno acesso ao currículo escolar em condições de igualdade e promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia. Entretanto, muitas vezes não há profissionais ou recursos suficientes para garantir um acompanhamento adequado do aprendizado do aluno com deficiência intelectual em todos os anos escolares. As barreiras se agravam nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, nos quais os estudantes têm um professor diferente para cada disciplina e o currículo avança em um conteúdo mais complexo, cujos pré-requisitos podem não ter sido bem absorvidos.

Entre as possíveis disciplinas que um aplicativo educativo poderia abordar, a Matemática destaca-se como um dos conhecimentos mais utilizados em atividades cotidianas, sendo fundamental para que as pessoas possam ter uma vida independente. No entanto, 5% a 7% da população mundial tem sérias dificuldades com o aprendizado de habilidades matemáticas (BRANKAE; GHESQUIÈRE; DE SMEDT, 2013 *apud* DA COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2016). No Brasil, 67,5% dos alunos na faixa etária de 10 anos apresentam dificuldades na disciplina (CRUZ; BERGAMASCHI; REIS, 2012 *apud* DA COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2016). Dessa forma, já sendo um desafio para muitas pessoas, a matemática se mostra uma disciplina ainda mais relevante para ser abordada de forma dedicada para pessoas com deficiência intelectual, devendo-se priorizar o estabelecimento de um repertório adequado à aplicação de conceitos em situações práticas (CARMO, 2012).

Quando se fala em aplicativos e jogos voltados ao ensino de Matemática Básica, que poderiam ser usados para exercitar conceitos da disciplina e complementar o aprendizado escolar, as opções disponíveis no mercado não têm formatos que contemplem o público-alvo deste trabalho, dado que o conteúdo é tipicamente associado aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Por esse motivo, muitos jogos possuem temáticas infantis, que não são mais compatíveis com os interesses de adolescentes.

Há também aplicativos de exercícios de matemática básica com perfis mais adultos, mas que não possuem nenhum tipo de abordagem lúdica que possa atrair e engajar estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. Além disso, muitos aplicativos voltados à educação não têm como diretriz de projeto a acessibilidade de interfaces e a adequação da usabilidade para pessoas com deficiência intelectual, atuando como novas barreiras ao invés de facilitarem o aprendizado de conhecimentos.

O trabalho aqui proposto também se justifica dentro do escopo de um projeto de engenharia, uma vez que propõe a aplicação de conceitos de engenharia de *software*, *design* centrado no humano e interação humano-computador para o desenvolvimento de uma ferramenta customizada e adaptada ao usuário final.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O Capítulo 2 trata dos aspectos conceituais que foram usados ao longo do trabalho, incluindo a definição do que é deficiência intelectual; um estudo sobre o conteúdo didático abordado na disciplina de Matemática Básica; pesquisas exploratórias sobre design de jogos, que embasaram o desenvolvimento do projeto e, por fim, a metodologia de *design* participativo adotada. O Capítulo 3 relata a metodologia de trabalho, detalhando os ciclos de desenvolvimento e as etapas de *design* participativo aplicadas ao contexto do projeto.

O Capítulo 4 exibe um estudo de usuário realizado para entender melhor o público-alvo do projeto e o Capítulo 5 versa sobre o *benchmarking* dos jogos disponíveis atualmente no mercado. Ambos geraram insumos para as primeiras decisões sobre a especificação do sistema, que está documentada no Capítulo 6.

O Capítulo 7 detalha as tecnologias que foram adotadas no projeto, cujos resultados da implementação podem ser vistos no Capítulo 8.

Os testes e a avaliação do projeto estão relatados no Capítulo 9 e o Capítulo 10 trata sobre as considerações finais deste trabalho de formatura.

2 ASPECTOS CONCEITUAIS

2.1 DEFICIÊNCIA INTELECTUAL

Segundo a Convenção Sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, realizada em 2006 pelas Nações Unidas e ratificada pelo governo brasileiro em 2009, através do Decreto Nº 6949, a deficiência é um conceito em evolução e resulta da interação entre pessoas com deficiência e as barreiras devidas às atitudes e ao ambiente que impedem a plena e efetiva participação dessas pessoas na sociedade em igualdade de oportunidades com as demais (WOLBRING, 2006).

De acordo com os dados do último Censo demográfico, as pessoas com deficiência intelectual representam 1,37% da população brasileira. (IBGE, 2010). Essa condição possui a seguinte definição, de acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais DSM-5:

A deficiência intelectual (transtorno do desenvolvimento intelectual) caracteriza-se por déficits em capacidades mentais genéricas, como raciocínio, solução de problemas, planejamento, pensamento abstrato, juízo, aprendizagem acadêmica e aprendizagem pela experiência. Os déficits resultam em prejuízos no funcionamento adaptativo, de modo que o indivíduo não consegue atingir padrões de independência pessoal e responsabilidade social em um ou mais aspectos da vida diária, incluindo comunicação, participação social, funcionamento acadêmico ou profissional e independência pessoal em casa ou na comunidade (AMERICAN PSYCHIATRY ASSOCIATION, 2014, p. 31).

A deficiência intelectual pode ser causada por diversos fatores, como síndromes genéticas, malformações encefálicas, traumas e lesões após o nascimento, doenças convulsivas, intoxicações e até mesmo em decorrência de privação social grave e crônica. (AMERICAN PSYCHIATRY ASSOCIATION, 2014). Ela pode ser classificada por grau: leve, moderado, grave e profundo, de acordo com a capacidade adaptativa do indivíduo, que leva em conta o nível de apoio necessário para realizar tarefas da vida cotidiana e profissional (MATA, 2018).

Em relação a outras deficiências conhecidas, a deficiência intelectual possui uma compreensão social distinta, tanto pela invisibilidade conferida por indivíduos típicos, quanto pelas representações sociais dominantes que, ao atribuir à pessoa com deficiência intelectual uma cognição infantil, contribuem para lhes privar do direito a uma vida autônoma e cidadã (DIAS; OLIVEIRA, 2013).

Outras condições relativas ao neurodesenvolvimento podem ocorrer de forma concomitante com a deficiência intelectual, que se caracterizam como comorbidades. Entre as mais comuns, estão o Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) e o Transtorno do Espectro Autista (TEA). O TDAH é definido por níveis prejudiciais de desatenção, desorganização e/ou hiperatividade-impulsividade, incapacitando o indivíduo de permanecer em uma tarefa e dificultando a escuta atenta, o que gera perdas de conteúdos em níveis inconsistentes com a idade ou o desenvolvimento. O Transtorno do Espectro Autista é caracterizado por déficits persistentes na interação e comunicação social em diversos contextos, incluindo prejuízos na reciprocidade das relações, em comportamentos não verbais de comunicação e em habilidades para entender, desenvolver e manter relacionamentos. O TEA também inclui padrões limitados e repetitivos de comportamentos, atividades e interesses (AMERICAN PSYCHIATRY ASSOCIATION, 2014).

Outra condição importante para ser definida é a Síndrome de Down, decorrente da trissomia do cromossomo 21, que produz características anatômicas típicas, predisposições genéticas a algumas enfermidades e, frequentemente, aparece associada a um grau de deficiência intelectual.

2.2 MATEMÁTICA BÁSICA

Nesta seção, foi elaborada uma lista de tópicos como uma base de referência de quais habilidades poderiam fazer parte do conteúdo de Matemática Básica a ser abordado pelo aplicativo. Os tópicos de 1 a 8 foram baseados principalmente nas unidades curriculares de ensino definidas por Carmo (2012), como as etapas de aquisição de habilidades e conceitos que podem integrar o ensino de matemática para pessoas com Deficiência Intelectual.

Para complementar o currículo, nos tópicos de 9 a 12, além de detalhar mais exemplos nos tópicos anteriores, foram utilizadas outras referências, como o Referencial sobre Avaliação da Aprendizagem na área da Deficiência Intelectual

(SME/DOT, 2012) e o Currículo Paulista (ALMEIDA; PAGAN; COELHO, 2019). Por fim, após a escolha da instituição parceira, comparou-se o currículo definido com o Plano Escolar 2020 da Escola de Aplicação (EAFEUSP, 2020).

1) Habilidades pré-aritméticas

- ◁ Noções de maior/menor, grande/pequeno, mais/menos, primeiro/último, antes/depois, início/meio/fim, perto/longe, alto/baixo;
- ◁ Discriminação dos numerais de 1 a 10;
- ◁ Quantidades de objetos de 1 a 10;
- ◁ Conservação de quantidades discretas e contínuas;
- ◁ Equivalência numeral-quantidade;
- ◁ Equivalência quantidade-quantidade.

2) Conceito de número

- ◁ Núcleo do conceito de número: Numerais, quantidades correspondentes e palavras-número faladas representando o mesmo conceito;
- ◁ Ordenação cardinal e ordinal de numerais;
- ◁ Aumento da complexidade do conceito de número, reconhecendo e utilizando números em diversas situações cotidianas.

3) Produção de sequências numéricas

- ◁ Números cardinais em ordem crescente e decrescente;
- ◁ Números ordinais em ordem crescente;
- ◁ Identificar elementos ausentes ou repetitivos em sequências.

4) Produção de conjuntos e subconjuntos

- ◁ Ser capaz de unir conjuntos, separar subconjuntos e identificar novos conjuntos com base em algum atributo comum (cor, material, ou qualquer outra classificação temática).

5) Contagem

- ◁ Habilidade complexa construída a partir dos conceitos anteriores, envolvendo:
 - Cardinação, ou seja, a habilidade de identificar a quantidade total de elementos em um conjunto, o que exige a noção de inclusão de classes: por exemplo, a classe do número 4 envolve a classe dos números 3, 2 e 1;
 - Produção de sequência verbal numérica;
 - Relação termo a termo;
 - Irrelevância da ordem;
 - Generalização;
 - Agrupamento.

6) Estimativas aproximadas

- ◁ Seres humanos possuem a capacidade de subitização, que consiste em um senso numérico primitivo, que possibilita precisar subitamente quantidades pequenas, de até 3 ou 4 itens;
- ◁ Em quantidades maiores, reduz-se a possibilidade de discriminar quantidades exatas, mas existe a habilidade de realizar estimativas, que é desenvolvida a partir da subitização e do exercício de habilidades anteriormente descritas:
 - Contagens frequentes dos elementos de uma coleção;
 - Noções de perto/longe, mais/menos, menor/maior.

7) Soma e subtração

- ◁ A operação de adição envolve a habilidade de somar quantidades e adicionar elementos a um conjunto, além da contagem com cardinação;
- ◁ Na subtração, há as habilidades de decomposição de conjuntos e diminuição de quantidades para se chegar a um resultado;
- ◁ As operações devem ser ensinadas em diferentes formatos.

8) Multiplicação e divisão

- ◁ A multiplicação possui como pré-requisitos a adição e a contagem;
- ◁ A divisão depende dos conhecimentos de contagem, inclusão de classe e sequenciação.

9) Geometria e espaço

- ◁ Identificar a posição e a movimentação de pessoas ou objetos utilizando direções (direita/esquerda, em frente/atrás, em cima/embaixo);
- ◁ Identificar figuras bidimensionais e tridimensionais no dia-a-dia;
- ◁ Noções de comprido/curto, grosso/fino, estreito/largo;
- ◁ Noções de perímetro e área de figuras geométricas.

10) Tempo

- ◁ Nomear dias da semana e entender sua sequência;
- ◁ Identificar meses do ano e sua sequência;
- ◁ Associar corretamente horas e acontecimentos;
- ◁ Saber a leitura correta de relógios digitais e analógicos.

11) Grandezas e medidas

- ◁ Ter noção de pesado/leve, cabe mais/cabe menos;
- ◁ Ter noção de dúzia, dezena, centena;
- ◁ Saber comparar grandezas (tem mais/tem menos/tem a mesma quantidade);
- ◁ Identificar grandezas como comprimento, massa, volume, tempo;
- ◁ Obter medidas de grandezas por meio de estimativas;
- ◁ Reconhecer que o resultado de uma medida depende da unidade adotada, identificando unidades e instrumentos mais apropriados para cada medição;
- ◁ Reconhecer unidades de medida em rótulos de embalagens, entre outros;
- ◁ Reconhecer valores monetários e sua aplicação no cotidiano, através de situações de compra e venda que envolvam formas de

pagamento, troca e desconto, enfatizando o consumo ético, consciente e responsável.

12) Números racionais

- ◁ Reconhecer números inteiros positivos e negativos em contextos diversos, envolvendo significados que indicam falta, diferença e deslocamento entre dois pontos;
- ◁ Reconhecer números expressos na forma fracionária e decimal, especialmente os mais usuais;
- ◁ Explorar significados que envolvam números racionais como parte/todo na vida cotidiana;
- ◁ Reconhecer números expressos em porcentagem e seu significado.

A partir desse conjunto de possibilidades, a priorização dos conteúdos que efetivamente serão abordados pelo jogo foi feita com o apoio de professores de Matemática e professoras de Educação Especial da Escola de Aplicação da FE-USP, descrita no item 3.3.3.

2.3 DESIGN DE JOGOS

A partir da definição de que o aplicativo a ser desenvolvido seria um jogo, era mandatário realizar um estudo sobre *design* de jogos. Os tópicos a seguir resumem alguns dos conceitos considerados no projeto, tanto para a concepção e o desenvolvimento, quanto para planejar os testes que seriam realizados após sua conclusão.

2.3.1 Acessibilidade

Visando proporcionar uma experiência de jogo que atenda o aluno com deficiência, o grupo analisou e filtrou, levando em conta o contexto deste trabalho, as diretrizes de acessibilidade do projeto “*Game accessibility guidelines*” (ELLIS et al., 2020). Tais diretrizes foram elaboradas por designers, consultores e professores, tendo como objetivo, segundo os próprios autores, ajudar desenvolvedores a

removerem barreiras que podem ser impostas às pessoas com deficiência ao jogar, uma vez que os jogos representam não somente um espaço de entretenimento, mas também uma forma de cultura e de socialização.

Essas diretrizes contemplam aspectos visuais e sonoros, controles e condutas nas interações com o usuário. São citadas a necessidade de apresentar textos legíveis e com bom contraste com os elementos do plano de fundo, a utilidade em apresentar tutoriais e dicas ao longo do jogo, a conveniência na possibilidade do controle de elementos sonoros, entre outros. As diretrizes selecionadas para guiar o desenvolvimento deste projeto serão apresentadas na seção 6, que trata da especificação do sistema.

2.3.2 Jogabilidade

Uma das características possíveis de se medir conforme o usuário interage com o jogo é a *Playability*, que pode ser traduzida para o português como Jogabilidade. Diferente da usabilidade, que foca mais na observação e avaliação de componentes separadamente, a jogabilidade tenta avaliar de maneira geral se a integração das ferramentas do sistema permite uma experiência agradável e bem sucedida com o jogo (BOWERS; OLSEN; PROCCI, 2011).

Abaixo, estão listados alguns pontos que podem ajudar a qualificar a jogabilidade com base em heurísticas elaboradas por Caplan et al. (2004):

- O jogo deve ser agradável de se jogar novamente.
- O jogador não deve ser penalizado repetidamente pelo mesmo erro.
- Deve-se propiciar um sentimento de controle sobre o universo do jogo e mudanças feitas pelo jogador devem ser persistentes.
- Ações óbvias devem gerar um retorno imediato ao jogador.
- A história do jogo deve ser simples, compreensível e ainda sim relacionável.
- O jogador deve se interessar pelos personagens, seja por uma sensação de identificação, ou pelo personagem se mostrar interessante ou bem desenvolvido ao longo do jogo.
- O jogo deve reagir de forma consistente e desafiadora.
- O jogador deve poder visualizar sua pontuação ao longo do jogo
- Os controles devem ser intuitivos e naturais. Porém também customizáveis.
- O jogador deve receber um retorno para as ações tomadas.

- O jogador deve receber dicas de jogabilidade para evitar sua estagnação no jogo.
- O menu deve ser bem organizado e intuitivo, além de dar a experiência de ser parte do jogo.
- Sons do jogo devem prover um retorno do jogo ou apelar para uma determinada emoção.

2.3.3 Diversão

O conceito de Diversão, do inglês *Fun*, envolve mais do que a interface com o usuário. Ele também se relaciona diretamente com o *gameplay* (ato de jogar). As pessoas costumam ter satisfação em dominar uma ferramenta para alcançar um objetivo desejado e estão dispostas a gastar uma quantidade de tempo significativa para isso. Assim, ao projetar um jogo, é interessante oferecer um desafio aliado à oportunidade de dominar uma técnica, provendo motivação suficiente para o engajamento dos usuários nos jogos. A satisfação resultante desse processo faz o *Fun* acontecer (FEDEROFF, 2002).

Segundo Malone (1980), os jogos precisam ter um objetivo bem definido. Ele acredita que, geralmente, quanto mais óbvio e mais convincente é o objetivo, melhor. E, ainda citando Malone:

Os melhores objetivos são, frequentemente, mais práticos ou mais fantasiosos, como alcançar a lua em um foguete, que objetivos simples, como resolver problemas aritméticos.

Federoff (2002) realizou entrevistas em um estúdio de jogos nos Estados Unidos da América e anotou diversas heurísticas aplicadas a jogos no geral. Os que podem se aplicar à avaliação de diversão estão definidos a seguir:

- Existir um objetivo primordial que é apresentado cedo no jogo.
- “Ser fácil de aprender e difícil de dominar” (Nolan Bushnell).
- Dar dicas, mas não em excesso.
- Oferecer recompensas ao jogador.
- Não existir uma única estratégia ótima de vencer.

2.4 DESIGN PARTICIPATIVO

Considerando que a Matemática é uma disciplina conhecida por causar dificuldades nos estudantes, como enunciado na seção 1.2, e dada a proposta de criar uma aplicação que não imponha novas barreiras no aprendizado do usuário, é de extrema importância que este projeto desenvolva um jogo adequado para a realidade do adolescente com deficiência intelectual. O design participativo, conforme constatado por Frauenberger; Makhaeva e Spiel (2017), permite organizar um processo para criar um sistema que se adeque melhor às necessidades da pessoa que vai utilizá-lo. Por essa razão, buscou-se uma metodologia de design participativo que fosse pensada para o contexto do aluno com deficiência intelectual e que permitisse sua participação ativa em todos os processos de desenvolvimento, desde a elaboração e validação dos requisitos da aplicação, até a etapa de testes.

2.4.1 PD4CAT

Proposto por Borges (2014), o PD4CAT é uma metodologia de desenvolvimento de *software* interativo, estruturada de forma a promover adaptações técnicas que permitam a inclusão da pessoa com deficiência, tanto no processo de criação, quanto na avaliação da solução proposta. Além de seus processos terem se mostrado interessantes, a metodologia oferece diretrizes e documentos modelo que auxiliarão o projeto em diversas etapas, como na apresentação de seu escopo para uma instituição, ou no processo de obtenção do assentimento dos participantes e do consentimento de seus responsáveis para que possam se envolver nas dinâmicas de Design Participativo.

Antes de enunciar as etapas do PD4CAT, é preciso definir os *stakeholders* envolvidos na metodologia, que foram adaptados ao contexto deste projeto. São estes *stakeholders*:

- **Escola:** A metodologia propõe que seja firmada uma parceria de pesquisa com alguma instituição que tenha contato direto com as pessoas com deficiência, que são o público-alvo do aplicativo. No caso deste projeto, é uma escola.
- **Alunos:** São os alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio que participarão da pesquisa, na condição de adolescentes com

deficiência intelectual. Quando conveniente, serão também referidos como **participantes**.

- **Professores:** São os professores de Matemática e professores de Educação Especial desses alunos.
- **Responsáveis:** São as mães, pais, ou responsáveis pelos alunos, que serão convidados a participar de algumas dinâmicas.
- **Pesquisadores:** São os graduandos que atuarão como desenvolvedores do aplicativo.

A primeira fase consiste na composição da equipe. O objetivo principal desta etapa é buscar uma instituição disposta a participar do projeto, para incorporar professores e alunos que atuarão como *co-designers* do projeto.

Por se tratar de uma pesquisa que envolve seres humanos, o projeto deve ser submetido a um Comitê de Ética em Pesquisa para aprovação, junto aos termos de Assentimento e Consentimento Livre e Esclarecido elaborados para os participantes e seus responsáveis. Após a aprovação do projeto e a assinatura dos termos, que formalizam a composição da equipe com a qual serão realizadas as etapas seguintes, começa o processo de acomodação, uma meta-técnica que se alia a outras metodologias de *design*, adaptando técnicas conhecidas, de modo a integrar a pessoa com deficiência no processo de Design Participativo da melhor forma possível. São realizadas reuniões com os professores e com os responsáveis pelos alunos, a fim de elencar as abordagens mais eficientes a serem utilizadas em cada dinâmica, melhorando-as e fazendo adaptações que levem em conta a individualidade dos participantes e melhorem a experiência de cada aluno como *co-designer* no projeto.

Ao final de cada uma das etapas do experimento, deve ocorrer uma avaliação participativa entre todos os *stakeholders* do projeto, de forma que só se deve avançar para a fase seguinte após se ter passado por esta avaliação. Nela, são colhidos os *feedbacks* dos alunos e professores para avaliar o quanto a construção da solução proposta está se mostrando apropriada para solucionar as demandas elencadas nas etapas iniciais de projeto. As técnicas de adaptação que foram aplicadas ao longo do processo de Design Participativo também devem ser avaliadas com base em como permitiram e facilitaram a interação entre os *stakeholders* do projeto.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

Nesta seção, será detalhada a metodologia de trabalho aplicada no trabalho de formatura em todas as suas fases.

3.1 PESQUISAS EXPLORATÓRIAS

Para se atingir o objetivo proposto no item 1.1, foram necessárias diversas pesquisas exploratórias na literatura de diferentes áreas, cujos principais aspectos conceituais extraídos estão reunidos por tema na seção 2.

Inicialmente, foi essencial buscar compreender o que é deficiência intelectual e como essa condição se diferencia e se relaciona com outras, que aparecem muitas vezes como sinônimas no senso comum.

Em seguida, tratando-se de um aplicativo com o propósito de auxiliar no ensino de Matemática Básica, fez-se uma pesquisa de quais conteúdos fazem parte do currículo da disciplina e poderiam ser abordados. Ao decidir que o aplicativo seria um jogo, também foi necessário estudar sobre o design de jogos eletrônicos, incluindo conceitos utilizados para projetá-los e avaliá-los após sua produção.

Além disso, não haveria como fazer um projeto para adolescentes com deficiência sem tê-los como *co-designers*, então estudou-se sobre metodologias de Design Participativo que pudessem envolvê-los no projeto desde a concepção, definindo quais requisitos seriam importantes e como deveriam ser as interfaces, até a etapa de avaliação do jogo desenvolvido.

Por fim, realizou-se um *benchmarking* de alguns jogos disponíveis no mercado que têm relação com o contexto da pesquisa, relatado na seção 5 e pesquisou-se sobre quais ferramentas de desenvolvimento poderiam ser utilizadas para a construção do jogo, analisadas na seção 7.

3.2 ESTUDO DE USUÁRIO

Segundo a resolução CNS510/2016, que dispõe sobre as normas de pesquisas científicas envolvendo seres humanos, não seria possível realizar uma pesquisa diretamente com os usuários primários do projeto sem a aprovação de um Comitê de Ética em Pesquisa.

Para poder avançar no entendimento dos usuários nas primeiras fases do projeto e, conseqüentemente, nas escolhas de design, sem desrespeitar questões éticas, o grupo optou por realizar uma pesquisa com usuários secundários, como pais e professores, a fim de traçar o perfil dos usuários primários através de suas ópticas, obtidas por convivências, percepções e conhecimentos especializados. Sabe-se que as opiniões, gostos e vivências dos usuários sob suas próprias perspectivas e vozes são insubstituíveis, mas dentro das limitações e prazos do projeto, acreditou-se que os usuários secundários poderiam responder a essas questões de forma relevante e esclarecedora.

A metodologia utilizada para realizar a pesquisa e seus resultados estão descritos na seção 4. Esse estudo de usuário, aliado às pesquisas exploratórias descritas no item anterior, foram base para o levantamento inicial de requisitos descrito no item 6.1.

3.3 DESIGN PARTICIPATIVO

Neste item, será descrito o processo de Design Participativo que foi aplicado no projeto, com base na metodologia PD4CAT (Borges, 2014), enunciada no item 2.4.1. Devido ao contexto vigente da pandemia de COVID-19, todas as interações aqui descritas foram realizadas remotamente, através da comunicação por meio de e-mails, aplicativos de mensagens instantâneas e videoconferências no *Google Meet*.

3.3.1 Parceria de pesquisa

Para compor a equipe de pesquisa e cumprir o papel do *stakeholder* Escola, previsto na metodologia PD4CAT, escolheu-se a Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP, por ser uma instituição próxima no ambiente universitário, que se propõe a acolher projetos de pesquisa voltados à educação. A parceria foi formalizada por meio do cadastro dos pesquisadores na instituição e um formulário próprio para o cadastro da pesquisa. O contato com a escola foi centralizado pela Prof.^a Dr.^a Ana Paula Zerbato, do Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da Faculdade de Educação da USP. Ela intermediou o contato com os professores e a direção da Escola de Aplicação, participou do projeto

submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa como pesquisadora parceira, além de auxiliar no contato com a aluna participante e seus responsáveis.

3.3.2 Submissão do projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa

Como já mencionado anteriormente, segundo a Resolução Nº 510, de 7 de abril de 2016, que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas cujos procedimentos metodológicos envolvam dados identificáveis de participantes, ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana (SANTOS; CASTRO, 2016), não seria possível envolver alunos da Escola de Aplicação como *co-designers* do projeto sem que ele tenha sido avaliado pelo sistema CEP/CONEP, ou seja, por um Comitê de Ética em Pesquisa que atue junto à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa .

Para a elaboração do projeto de pesquisa, detalharam-se as atividades das quatro etapas de Design Participativo previstas: Preparação, Composição da Equipe, Design da Solução e Teste de Usabilidade. Também se elencaram os benefícios trazidos, os riscos que a pesquisa poderia oferecer aos participantes, com um plano de como evitá-los ou mitigá-los, além da metodologia de análise de dados e o desfecho esperado do experimento. O projeto foi submetido à Plataforma Brasil e foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Psicologia da USP (CEPH-IPUSP). O documento submetido na íntegra está incluso no APÊNDICE A – Projeto submetido ao CEP e o cronograma inicialmente previsto pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Cronograma previsto

Mês	Data e acontecimento
Julho	< 31/07 Submissão do projeto para o CEP
Agosto	< 20/08 Etapa 0: Preparação < 31/08 Expectativa de aprovação do CEP e início da Etapa 1: Composição da Equipe
Setembro	< 19/09 Início da Etapa 2: Design da Solução
Outubro	< 26/10 Início da Etapa 3: Teste de Usabilidade
Novembro	< 20/11 Fim do Design Participativo

3.3.3 Etapa 0: Preparação

A partir da lista de tópicos definidos como parte do currículo de Matemática Básica no item 2.2, os conteúdos que efetivamente seriam abordados no jogo foram definidos em uma reunião com a equipe de professores de Matemática e professoras de Educação Especial da Escola de Aplicação da FE-USP, prevista como a etapa de preparação do Design Participativo. Essa escolha levou em conta principalmente as habilidades e dificuldades dos alunos que poderiam participar do processo de design, assim como a relevância dos conteúdos para se atingir o objetivo do projeto de promover a autonomia dos estudantes com Deficiência Intelectual em atividades cotidianas.

Outros fatores também foram considerados, como as limitações técnicas dos pesquisadores para desenvolver o jogo e as possibilidades de *gamificação* dos conteúdos de forma não infantilizada, dado que o projeto tem como público-alvo estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio. Além disso, discutiu-se sobre as preferências pelos formatos de jogo analisados na seção 5, comparando-se o que já existe disponível no mercado com o que seria mais adequado para o aprendizado e engajamento dos alunos no jogo. Essas discussões foram fundamentais para a criação do *storyboard* do jogo, descrito no item 6.2.

Por fim, também foi abordada nesta reunião a demanda dos professores por uma plataforma de acompanhamento que aumentasse o potencial de uso do jogo como ferramenta auxiliar no ensino de matemática, dando origem à especificação detalhada no item 6.3.

3.3.4 Desenvolvimento paralelo

Enquanto o projeto não obteve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, sem a qual não era possível ter o envolvimento de alunos da Escola de Aplicação no processo de *design* participativo do jogo, o grupo optou por seguir um desenvolvimento paralelo utilizando os insumos fornecidos pelos professores para construir um jogo no formato de um arcabouço. Dessa forma, o jogo foi pensado como uma estrutura base que poderia ser adaptada para diferentes contextos, de acordo com os gostos e escolhas do aluno ou aluna que participaria do projeto como *co-designer*. Para iniciar a implementação do jogo e mostrar o funcionamento desse arcabouço, fez-se a escolha de uma temática específica para desenvolver um *storyboard*, detalhado no item 6.2.

Devido ao pouco tempo disponível para o desenvolvimento e à flexibilidade mandatária de um projeto participativo, optou-se por uma abordagem ágil baseada no *framework* Scrum. Inicialmente, fez-se a decomposição do jogo em histórias de usuário, especificando as tarefas necessárias para construí-las e a quais requisitos e regras de negócio estão associados. Em seguida, fez-se uma priorização dessas histórias com foco no que geraria mais valor para o projeto para definir o conteúdo da primeira *sprint*, ou seja, de um ciclo curto de desenvolvimento. Durante essa nova abordagem, também se estabeleceram reuniões diárias entre os desenvolvedores, para remover eventuais barreiras no processo de desenvolvimento, trocando experiências e redistribuindo tarefas.

Como resultado desta etapa, chegou-se a uma primeira versão do jogo, documentada no item 8.1. Essa versão foi levada para uma segunda reunião com os professores, com o intuito de validar as ideias que tinham sido aplicadas e colher sugestões de melhoria. Apresentou-se ao grupo a estrutura pensada para o jogo, que seria aplicável a diversos contextos, passando pelos fluxos implementados e apontando os conceitos matemáticos que se buscou abordar. Durante a apresentação das telas montadas, a equipe de professores propôs diversas sugestões, que

abordavam desde a clareza dos elementos de jogo até propostas de melhoria na sua progressão, conforme detalhado no item 9.1.1.

Em seguida, as histórias de usuário levantadas até o momento foram reavaliadas, estabelecendo-se novas prioridades para continuar o desenvolvimento em uma nova *sprint*, que durou até a aprovação da proposta do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

3.3.5 Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa

Após uma interação para esclarecer alguns pontos que não haviam sido bem definidos, a aprovação da pesquisa de fato se deu no dia 9 de novembro, conforme o APÊNDICE B – Parecer consubstanciado do CEP. A partir desse momento, seria possível iniciar as demais etapas previstas na metodologia do projeto de pesquisa. Entretanto, devido ao curto período restante para a finalização do projeto no momento da aprovação, não foi possível realizar essas etapas exatamente como previsto. Assim, ao invés de aplicar a metodologia para criar o jogo desde sua concepção, as dinâmicas de *design* participativo foram executadas visando customizá-lo e adaptá-lo para uma única aluna participante, uma vez que já se tinha uma primeira versão do jogo validada pelos professores, conforme relatado no item 3.3.4, e a estrutura criada não poderia ser completamente reformulada. Portanto, as etapas descritas nos próximos itens relatam o que foi efetivamente executado no projeto após a realização da Etapa 0, de acordo com o cronograma da tabela a seguir:

Tabela 2 – Cronograma executado

Mês	Data e acontecimento
Agosto	< 21/08 Início do Desenvolvimento Paralelo
Setembro e Outubro	< Desenvolvimento Paralelo
Novembro	< 05/11 Validação da 1ª versão do jogo com professores < 09/11 Aprovação do projeto pelo CEP < 10/11 Início da Etapa 1: Composição da Equipe < 17/11 Início da Etapa 2: Design da Solução < 27/11 Início da Etapa 3: Teste de Usabilidade < 04/12 Fim do Design Participativo

3.3.6 Etapa 1: Composição da Equipe

Para a primeira etapa da metodologia PD4CAT (BORGES, 2014), a proposta era compor a equipe que, no prazo disponível, iria realizar as dinâmicas ao longo do último mês de projeto. Também devido à limitação de tempo, foi possível envolver apenas uma aluna da Escola de Aplicação neste processo. A indicação da participante foi feita pela própria instituição parceira, seguindo os critérios de inclusão e exclusão definidos no projeto de pesquisa submetido. A participante selecionada foi uma adolescente de 16 anos com Deficiência Intelectual, estudante do 9º ano do Ensino Fundamental. Após a apresentação do projeto de pesquisa para a mãe da participante, enviou-se o Termo de Consentimento Livre Esclarecido para que a responsável, caso estivesse de acordo, autorizasse a participação da aluna.

A atividade proposta para esta etapa foi uma entrevista de aquecimento, com o objetivo de estabelecer um primeiro contato com a aluna e conhecer um pouco de seus gostos e interesses. Ao final da atividade, era esperado que a participante se sentisse mais à vontade com os pesquisadores, e que as informações coletadas pudessem guiar a fase seguinte, na qual seria redesenhado o *layout* do jogo, mantendo-se estrutura já implementada.

Antes do início da dinâmica, foi realizada a etapa de acomodação, na qual os pesquisadores se prepararam para executar a primeira atividade, melhorando-a para que fosse mais proveitosa para a participante. A etapa foi realizada em conjunto com a professora orientadora da pesquisa, a professora pesquisadora parceira da Escola de Aplicação e a mãe da participante. Segundo a proposta da atividade de acomodação, relatou-se à responsável como a atividade havia sido planejada, colhendo-se o *feedback* sobre o que poderia ser melhorado. Entre as sugestões, aconselhou-se não ressaltar à aluna que o projeto se trata de um jogo de matemática explicitamente, pois ela não havia tido boas experiências com a disciplina e isso poderia prejudicar sua receptividade. Então, foi sugerido apresentá-lo como um jogo educativo com a temática de compra e venda. A mãe também relatou que sua filha era bastante comunicativa e não teria problemas em conversar com a equipe e responder às perguntas propostas.

A seguir, foi entregue o Termo de Assentimento Livre Esclarecido para a mãe da participante, que apresentou a dinâmica para a filha e perguntou se ela gostaria de participar da pesquisa. Seu aceite foi então registrado pela assinatura do TALE.

No início da dinâmica, perguntou-se novamente para a participante se ela estava à vontade em participar, e foi pedida a permissão para gravar a sessão, que não será publicada externamente. A sessão ocorreu na forma de uma conversa livre, da qual participaram as mesmas pessoas que estavam na reunião de acomodação e a aluna. Para conhecê-la melhor e entender seus gostos e interesses, foram realizadas as perguntas listadas abaixo. Para deixar a conversa mais natural, tentou-se incorporar as perguntas de forma orgânica ao longo da interação, sem necessariamente seguir a ordem aqui apresentada.

- ◁ O que você gosta de fazer para se divertir?
- ◁ Você gosta de jogar no celular? Quais jogos você mais gosta?
- ◁ O que você gosta de assistir?
- ◁ Quais são os seus desenhos preferidos?
- ◁ Qual é a sua série preferida?
- ◁ Você tem um personagem preferido?
- ◁ Qual o seu animal preferido?
- ◁ Você gosta de dançar?
- ◁ Qual tipo de música você mais gosta?

- ◁ Você tem um cantor ou banda preferida?
- ◁ Você gosta de desenhar?
- ◁ Quais cores você mais gosta?
- ◁ Quais são as suas comidas preferidas?
- ◁ Você gosta de bolo?
- ◁ Qual sabor de bolo você mais gosta?
- ◁ Você gosta de sair para fazer compras? O que você gosta de comprar?

3.3.7 Etapa 2: Design da Solução

Após um primeiro contato com a participante da pesquisa, a segunda etapa da metodologia de *design* participativo propunha a customização do jogo construído em parceria com os professores para a aluna participante. Para isso, a mãe da participante inicialmente sugeriu que a equipe contactasse a psicopedagoga da estudante, que fazia um trabalho individualizado, voltado especificamente para a Matemática, disciplina que ela apresentava bastante dificuldade. Então, marcou-se uma nova reunião para a validação da estrutura de jogo elaborada e dos conteúdos de matemática englobados pelo jogo, desta vez com um foco particular na aluna que participaria das atividades de *design* participativo. Durante a conversa, ela apontou dificuldades que a estudante apresentava, e propôs sugestões na maneira como o jogo poderia ser aplicado no apoio ao ensino da Matemática, conforme detalhado no item 9.1.2.

Mantendo-se a mesma estrutura e jogabilidade da estrutura de jogo desenvolvida, ainda era possível adaptar diversos elementos, como personagens, receitas, cenário principal e trilha sonora. Com isso, buscava-se criar uma identificação da aluna com o jogo, desde o contexto abordado, até seus elementos visuais e sonoros, de modo a aumentar seu interesse e engajamento nas atividades propostas e, conseqüentemente, potencializar seu uso como um aplicativo de apoio ao aprendizado de Matemática Básica.

De forma similar à etapa anterior, foi realizada uma reunião de acomodação para discutir as atividades que seriam realizadas. Entre as opções elencadas no projeto de pesquisa aprovado pelo CEP, estava a proposta de uma dinâmica de desenho guiado, que poderia ser realizada de duas formas. Na primeira delas, os pesquisadores pediriam para a participante fazer desenhos de como gostaria que o

jogo fosse utilizando alguma ferramenta online, ou solicitando o envio de fotos dos desenhos feitos em papel. Diante dessa proposta, a mãe da participante relatou que ela não tinha tanta aptidão com desenhos e tinha mais afinidade com aplicativos que colorem desenhos prontos. Em vista disso, optou-se pela segunda alternativa, que consistia na participante descrever os elementos do jogo, guiando o desenho de acordo com seus gostos.

Com o conceito do jogo em mente e, levando também em consideração os gostos relatados pela aluna na etapa anterior, foi pedido para que a participante escolhesse características e roupas de personagens, descrevesse os caminhos que costuma percorrer para ir ao mercado, listasse sabores de bolo que gostaria que o jogo tivesse e quais seriam os ingredientes utilizados em suas receitas, entre outras coisas. Ao longo da dinâmica, foram construídos os esboços dos elementos descritos, cujo registro final pode ser observado na Figura 1:

Figura 1 - Esboços dos elementos de jogo construídos na segunda atividade



Fonte: Gabriela Momberg

Nesta etapa, houve a participação da *designer* Gabriela Momberg, responsável pelo registro dos desenhos guiados pela participante durante a atividade, que depois foram utilizados por ela como base para a criação de novos cenários e elementos de jogo em um *layout* customizado para a participante.

3.3.8 Etapa 3: Teste de Usabilidade

Com a segunda versão do jogo quase finalizada, a última etapa da metodologia consistiu na realização de um teste de usabilidade. O objetivo desse teste era captar as impressões da aluna a respeito do jogo desenvolvido, observando sua identificação com os elementos visuais e sonoros que foram customizados na Etapa 2 e o desenvolvimento das atividades didáticas implícitas no jogo, que estão descritas no item 6.2.1. Além disso, pretendia-se avaliar a interação da participante com o jogo sob a ótica dos conceitos de Jogabilidade e Diversão estudados no item 2.3.

Devido ao contexto vigente de isolamento social, que impossibilitava a realização de um teste presencial, era importante encontrar um meio de observar, em tempo real, de que forma a participante estaria interagindo com o jogo. Para possibilitar essa configuração, sem colocar em risco o aparelho pessoal da participante, sugeriu-se o uso da ferramenta de acesso remoto TeamViewer instalada em um celular com sistema operacional Android, fornecido à equipe de pesquisa por uma voluntária, que seria entregue à família da aluna alguns dias antes da atividade acontecer. Esse plano foi então apresentado durante a reunião de acomodação para a mãe da aluna, que concordou em receber o aparelho. Tal solução foi fundamental para a dinâmica, não só para que se pudesse observar o que acontecia na tela do celular, mas também permitindo que os pesquisadores pudessem configurar o jogo no momento do teste. Adicionalmente, para a distribuição da versão do aplicativo que seria testada, utilizou-se o serviço Firebase App Distribution.

Durante a reunião de acomodação, também se discutiu o formato de avaliação dos parâmetros de interesse do teste. A equipe levantou a possibilidade de fazer perguntas de maneira formal, por meio de um questionário previamente elaborado, ou de forma orgânica, em uma conversa informal após a sessão. Adotou-se a segunda alternativa, uma vez que a mãe relatou que a filha provavelmente responderia às perguntas de forma sincera, além de ser o método mais confortável para a participante. Além disso, a mãe também se ofereceu para relatar suas impressões do envolvimento da filha com o jogo nos dias seguintes à atividade, caso ela jogasse novamente. Ao final da reunião, foi entregue o Termo de Assentimento para mãe, que explicou a dinâmica para a filha, registrando seu assentimento pela assinatura do documento.

A dinâmica foi acompanhada pela irmã da aluna, que, seguindo as instruções dos pesquisadores, configurou o aparelho para que o teste pudesse começar. Inicialmente, foi sugerido que a participante interagisse livremente com o aplicativo, sem nenhum tipo de intervenção ou direcionamento pelos pesquisadores, o que permitiu observar o que o jogo estava comunicando e o que poderia ser melhorado. Em um segundo momento, foram sanadas algumas dúvidas que a estudante tivera ao longo do fluxo de jogo, destacando-se elementos e funcionalidades que poderiam ser explorados. Por fim, foram feitas algumas perguntas para avaliar a satisfação da aluna com o jogo que acabara de jogar, que estão documentadas junto com as demais análises feitas pelos pesquisadores na seção 9. As análises desta etapa indicaram possíveis alterações que melhorariam a experiência de jogo e, conforme o tempo disponível, algumas delas serão implementadas antes de seu lançamento nas lojas de aplicativo para celulares.

4 ESTUDO DE USUÁRIO

Os estudos de usuário são uma etapa importante no projeto de sistemas interativos, e parte do conceito de Design Centrado no Humano. Eles permitem a identificação da variedade de perfis, das necessidades reais dos usuários e dos contextos de uso.

O estudo aqui relatado foi feito como parte das atividades da disciplina PCS3873 – Interação Humano-Computador, e teve como objetivo compreender o contexto de uso de tecnologia por pessoas com deficiência intelectual para aprendizado de Matemática Básica.

4.1 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada usando dois métodos diferentes, sendo um qualitativo e um quantitativo. Para professores, realizaram-se entrevistas através das ferramentas de videochamada *Google Meets* e *WhatsApp*, e para os responsáveis pelos alunos, criou-se um questionário online, divulgado em 13 grupos da rede social *Facebook*, focados em Deficiência Intelectual, tecnologias assistivas, e outras condições específicas como Síndrome de Down e Transtorno do Espectro Autista.

Para os professores, definiram-se algumas variáveis de perfil que seriam interessantes para atingir uma amostra significativa, como rede de ensino, entre privada, pública estadual, ou pública municipal; tipo de ensino da escola, entre regular ou especializado; e relação com a área de educação especial, atentando-se à ocupação atual, formação acadêmica e experiência dos entrevistados.

Para os responsáveis, as variáveis de perfil usadas na elaboração do questionário foram centradas no público que indiretamente pretendia-se conhecer, ou seja, seus filhos ou filhas. Assim, definiram-se as variáveis: idade, gênero, ano escolar matriculado, condição com a qual o filho ou filha vive, relação com a Matemática, tanto por interesse quanto por desempenho; afinidade com uso de plataformas digitais e elementos que seriam importantes no design do aplicativo, segundo a visão dos responsáveis. Quando este estudo foi realizado, ainda não havia sido definido o foco em alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio. Dessa forma, a participação na pesquisa não foi restrita a responsáveis por estudantes de idades ou anos escolares específicos.

4.2 RESULTADOS

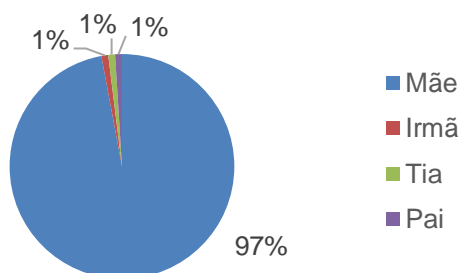
Realizaram-se entrevistas com cinco professoras, que ajudaram a entender a realidade do ensino nas redes pública e privada, histórica e atualmente, relatando os principais desafios enfrentados e os recursos didáticos dispostos. Também foram esclarecidas questões sobre as próprias condições do público-alvo da pesquisa, diferenciando a Deficiência Intelectual, que pode ser classificada como leve, moderada, ou severa, de outras condições, como Transtorno do Espectro Autista e Síndrome de Down, que podem estar associadas a uma deficiência intelectual ou não, possuindo características próprias e naturezas distintas. Por fim, discutiu-se como o aplicativo poderia ser inserido na rotina de aprendizado dos alunos, quais são as melhores abordagens didáticas e quais características de *design* seriam importantes, segundo suas visões.

O entendimento trazido por essas entrevistas foi de que o aplicativo a ser desenvolvido no projeto poderia ser introduzido aos futuros usuários pelos próprios responsáveis, ou por professores de educação especial, que possuem horas dedicadas ao desenvolvimento transversal dos alunos com deficiência, à parte da sala de aula regular, pois dificilmente um recurso digital seria utilizado como material padrão durante as aulas de Matemática. Além da limitação de recursos nas escolas, independentemente da rede de ensino, é importante o fato de que as atividades desenvolvidas por alunos do público-alvo do projeto precisam ter a mesma natureza das empenhadas pelos demais colegas, buscando-se a inclusão e o bem-estar social dos alunos.

Em relação às abordagens e elementos de *design* mais interessantes, destacou-se a efetividade de materiais lúdicos, como jogos, nos quais os alunos por vezes nem sentem que estão desenvolvendo uma atividade de natureza educativa, mas que possuem diversos conceitos e capacidades treinados de forma implícita. Também foi ressaltada a importância de abordar temas do cotidiano que ajudem os alunos a aplicarem os conceitos em situações práticas.

O questionário online divulgado obteve 102 respostas, sendo a maioria de mães, como mostrado no gráfico abaixo:

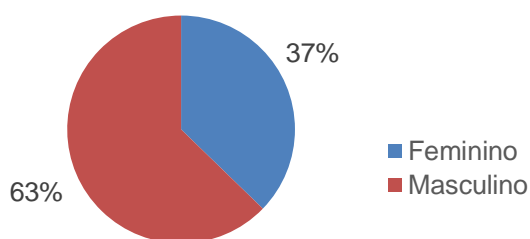
Gráfico 1 – Relação de parentesco dos participantes da pesquisa, responsáveis por alguém que se encaixa no público-alvo da pesquisa



Fonte: Autoria própria

Os gráficos a seguir referem-se à amostra do público-alvo, cujo perfil, interesses, dificuldades e hábitos foram relatados a partir do conhecimento de seus responsáveis.

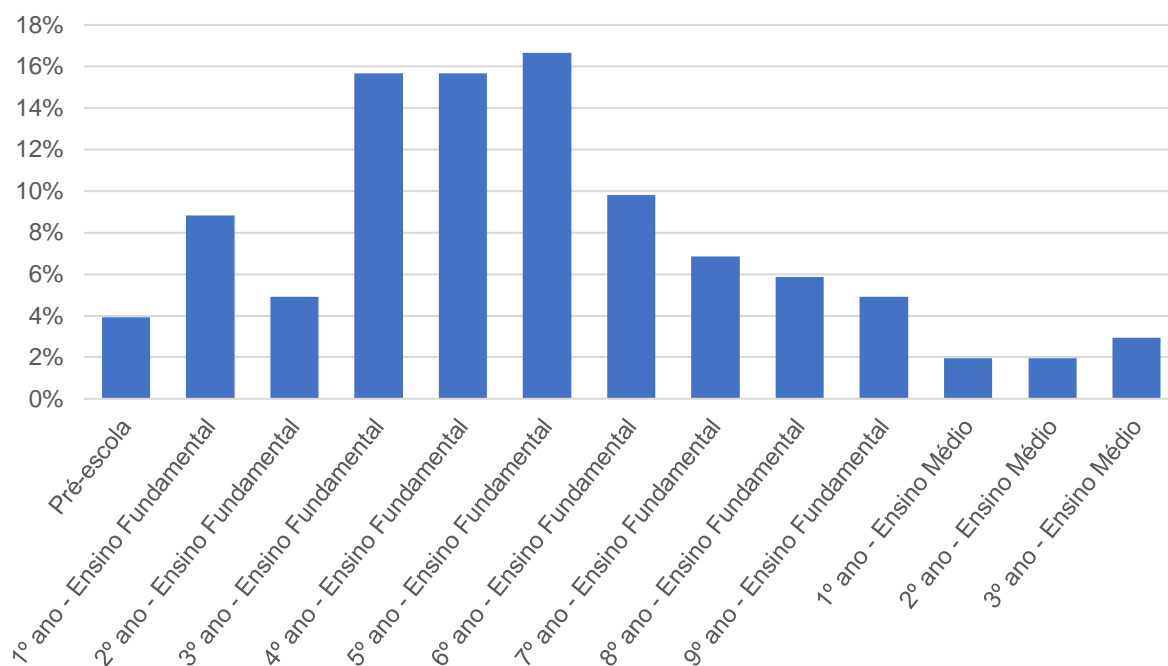
Gráfico 2 – Distribuição de gênero dos potenciais usuários do aplicativo representados na pesquisa



Fonte: Autoria própria

No gráfico abaixo, nota-se que 61,8% do público representado se encontra matriculado Ensino Fundamental 1, destacando-se o 3º, 4º e 5º ano, nos quais estão 48,1% dos alunos.

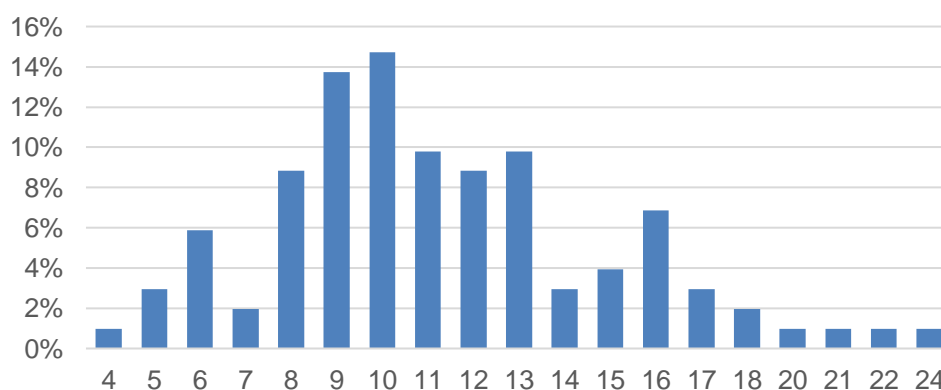
Gráfico 3 – Ano escolar em que os potenciais usuários estão matriculados



Fonte: Autoria própria

Como pode ser observado no Gráfico 4, alguns possíveis usuários representados na pesquisa são maiores de idade, mas suas participações foram mantidas de acordo com o ano escolar em que se situavam e as dificuldades em Matemática relatadas pelos pais, compatíveis com as que o aplicativo poderá abordar.

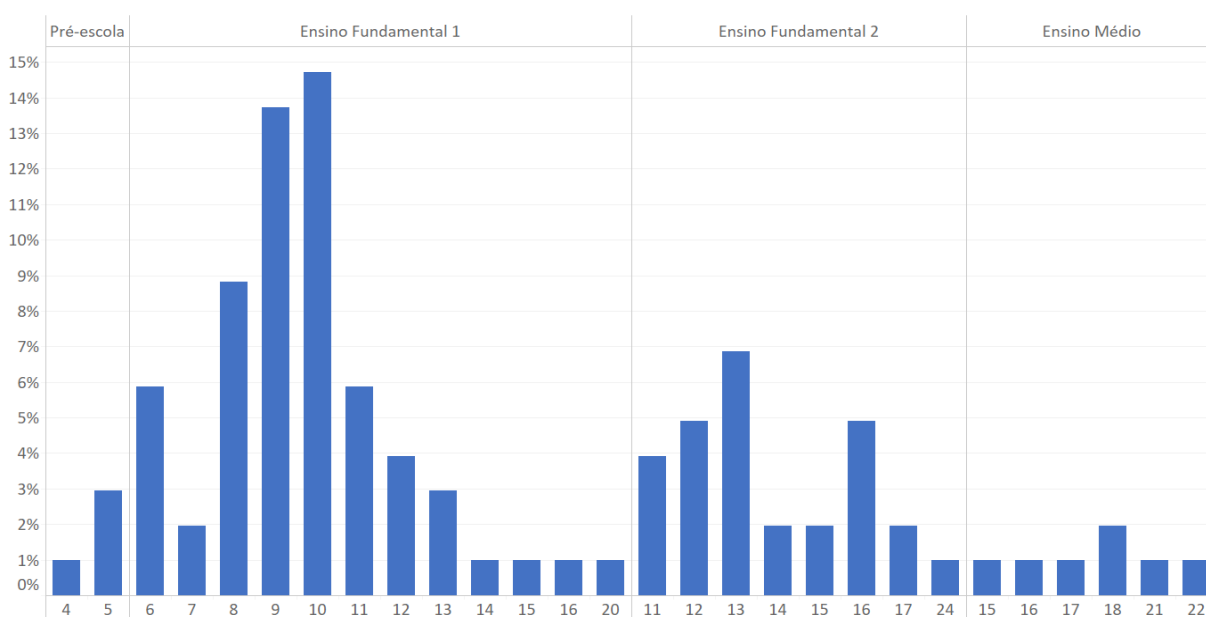
Gráfico 4 – Distribuição de idade dos potenciais usuários do aplicativo representados na pesquisa



Fonte: Autoria própria

O gráfico abaixo mostra a correlação entre idade e a escolaridade, que ilustra a diversidade da amostra:

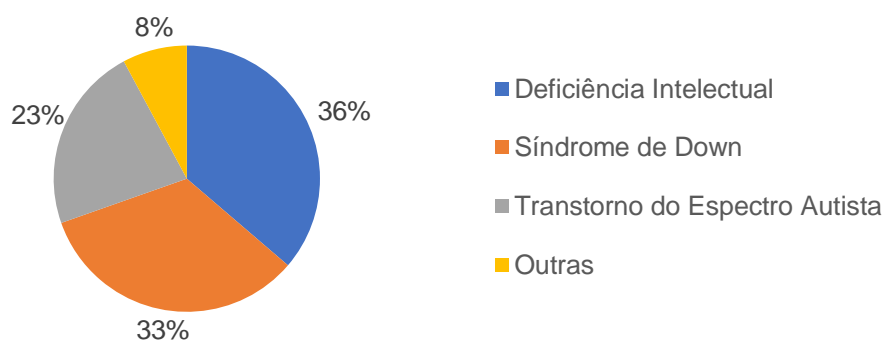
Gráfico 5 – Correlação entre a idade (eixo horizontal) e a escolaridade dos estudantes, separadas em colunas



Fonte: Autoria própria

O Gráfico 6, representado a seguir, mostra a distribuição de condições com a quais os filhos e filhas dos participantes da pesquisa vivem, discernidas nas categorias principais Deficiência Intelectual, Síndrome de Down e Transtorno do Espectro Autista.

Gráfico 6 – Proporção do público-alvo da pesquisa em relação às condições com as quais vivem, categorizadas em três grupos principais



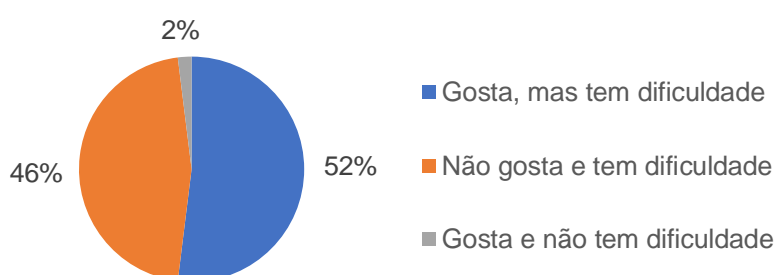
Fonte: Autoria própria

Na categoria “Outras”, foram englobadas as condições com poucas ocorrências, ou crianças ainda sem laudo definido. Em “Deficiência Intelectual”, foram incluídos participantes com Deficiência Intelectual leve ou moderada, por vezes com

comorbidades, ou seja, síndromes ou transtornos associados à deficiência, desde que não fossem os já representados no gráfico, caso em que a outra condição foi priorizada na análise. Houve também um caso de comorbidade entre Síndrome de Down e Transtorno do Espectro Autista, priorizando-se o último.

O gráfico a seguir mostra a distribuição das respostas dos participantes sobre a relação de seus filhos e filhas com a disciplina de Matemática, tanto a respeito do interesse quanto do desempenho observado.

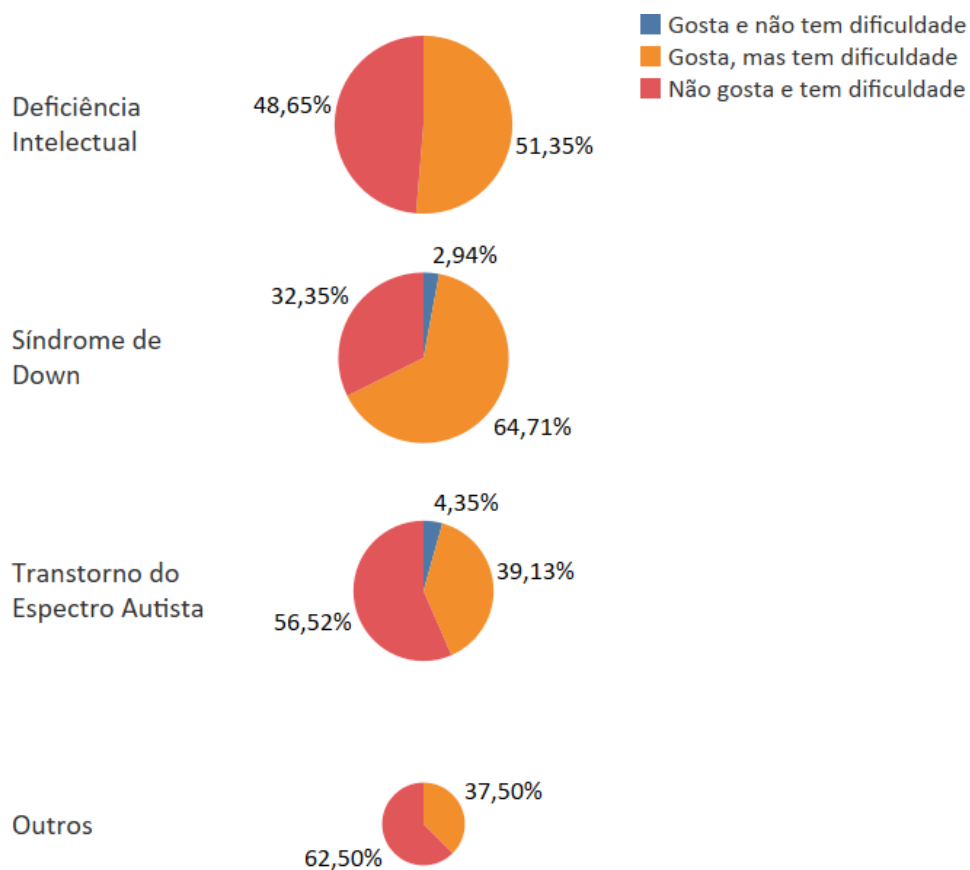
Gráfico 7 – Relação do público com a disciplina de Matemática



Fonte: Autoria própria

Nota-se que 98% do público retratado pelos responsáveis possui dificuldade na disciplina, o que corrobora a relevância do projeto. Para entender melhor como as condições dos alunos podem afetar a relação com a disciplina, realizou-se a seguinte análise, em que o tamanho das circunferências representa a proporção das condições indicadas:

Gráfico 8 – Relação do público com a disciplina de Matemática por condição associada

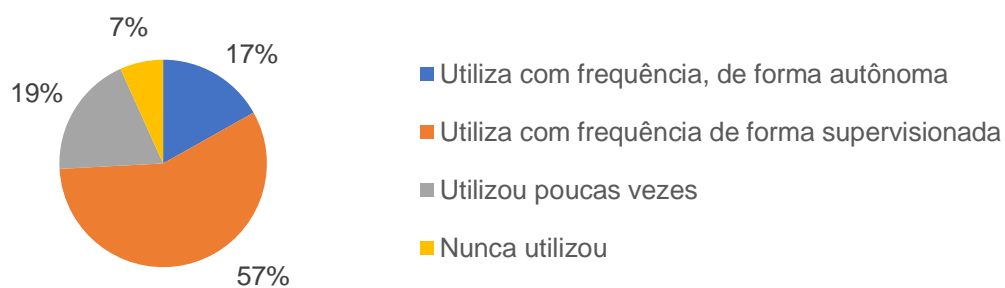


Fonte: Autoria própria

O Gráfico 8 confirma os aprendizados das entrevistas realizadas com as professoras, pois mostra que há pessoas com Síndrome de Down ou Transtorno do Espectro Autista que gostam da disciplina e não possuem dificuldade, pois suas condições não estão necessariamente associadas a uma deficiência intelectual, categoria que, por sua vez, indicou dificuldade em Matemática para 100% do público representado. Em relação à afinidade com a matéria, o público com Síndrome de Down foi o mais receptivo, com 67,7% indicando gostar da disciplina, segundo seus responsáveis.

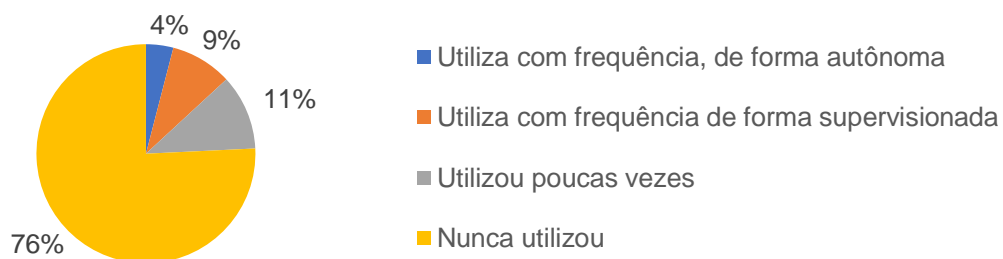
Em seguida, o questionário perguntava sobre a afinidade dos possíveis usuários do aplicativo com diferentes plataformas digitais, indicando sua frequência e autonomia de uso de acordo com os gráficos abaixo. Essas perguntas não eram obrigatórias, portanto, o número de participantes que efetivamente responderam está indicado nas respectivas legendas.

Gráfico 9 – Afinidade do público com celulares Android (89 respostas)



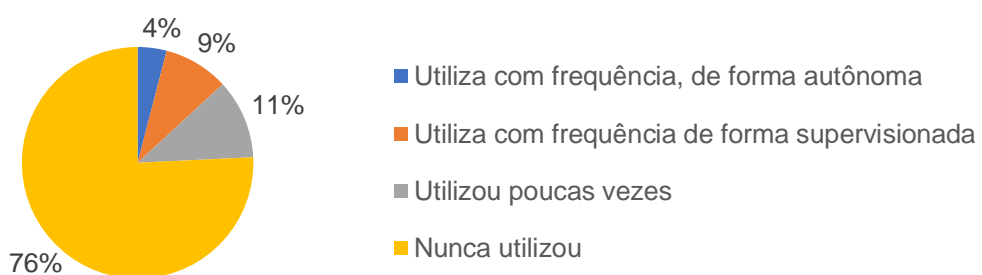
Fonte: Autoria própria

Gráfico 10 – Afinidade do público com iPhone (iOS) (98 respostas)



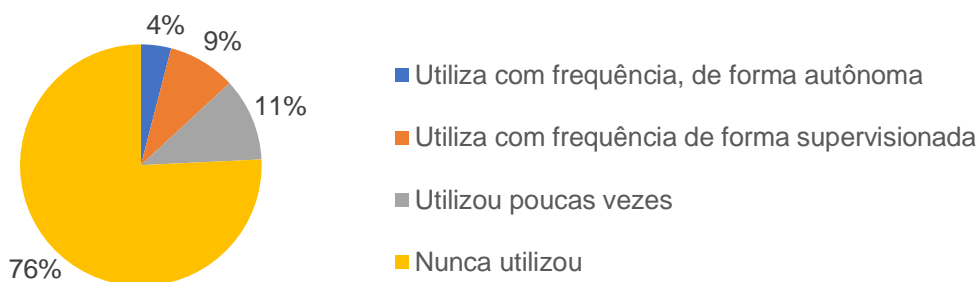
Fonte: Autoria própria

Gráfico 11 – Afinidade do público com tablet (95 respostas)



Fonte: Autoria própria

Gráfico 12 – Afinidade do público com iPad (99 respostas)

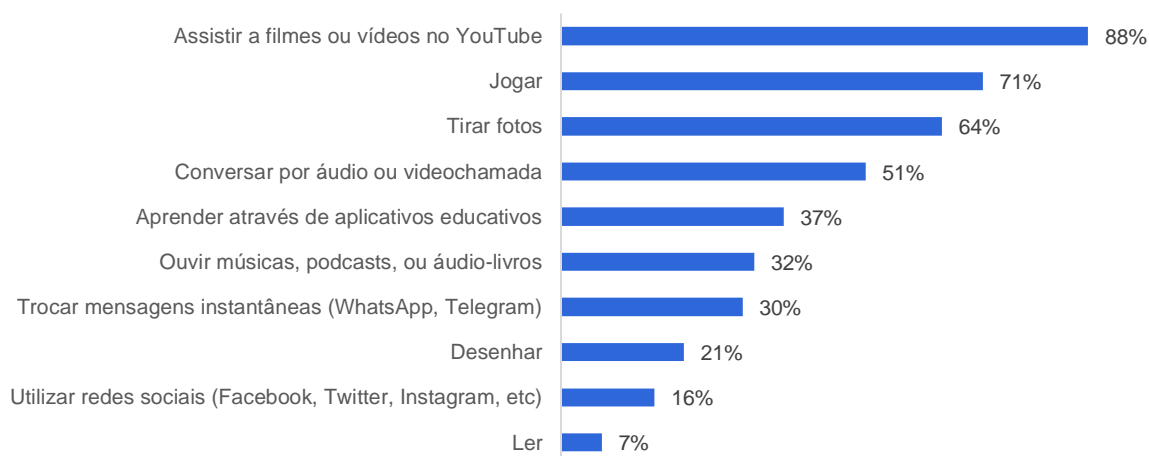


Fonte: Autoria própria

Os gráficos anteriores mostram que a plataforma mais familiar aos potenciais usuários do aplicativo é o celular smartphone com sistema Android, o que será determinante na priorização de plataformas, caso o projeto seja realizado em uma linguagem incompatível com o sistema iOS.

Em seguida, perguntou-se quais eram as principais atividades realizadas nessas plataformas digitais pelos usuários, para entender se configuravam interações análogas às que o aplicativo de apoio ao ensino de Matemática realizaria.

Gráfico 13 – Frequência das finalidades de uso de plataformas digitais, relatadas pelos responsáveis do público-alvo

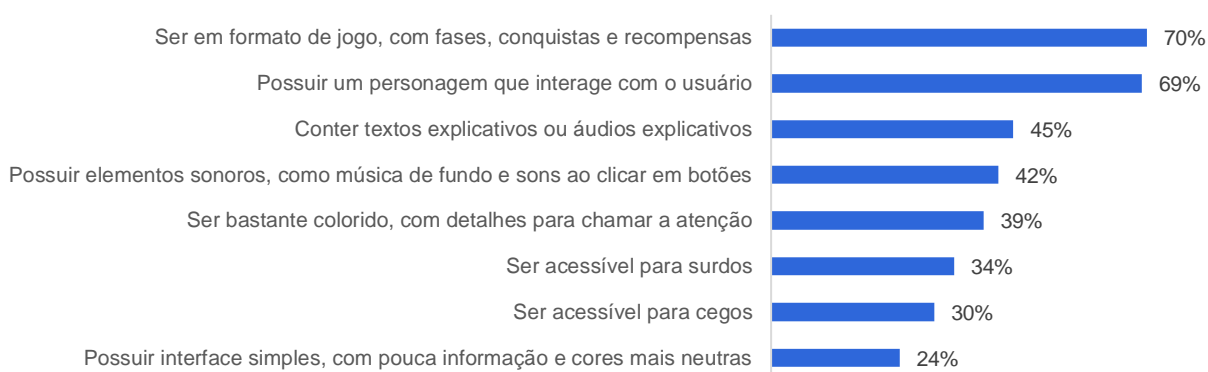


Fonte: Autoria própria

No Gráfico 13, nota-se que 37% dos usuários representados já utilizam aplicativos educativos, enquanto 71% utilizam os dispositivos para jogar.

Perguntou-se também quais elementos os responsáveis enxergavam como importantes para serem considerados no design do aplicativo, dadas as preferências observadas de seus filhos ou tutorados, obtendo-se o seguinte gráfico:

Gráfico 14 – Elementos importantes no *design* aplicativo, segundo os responsáveis

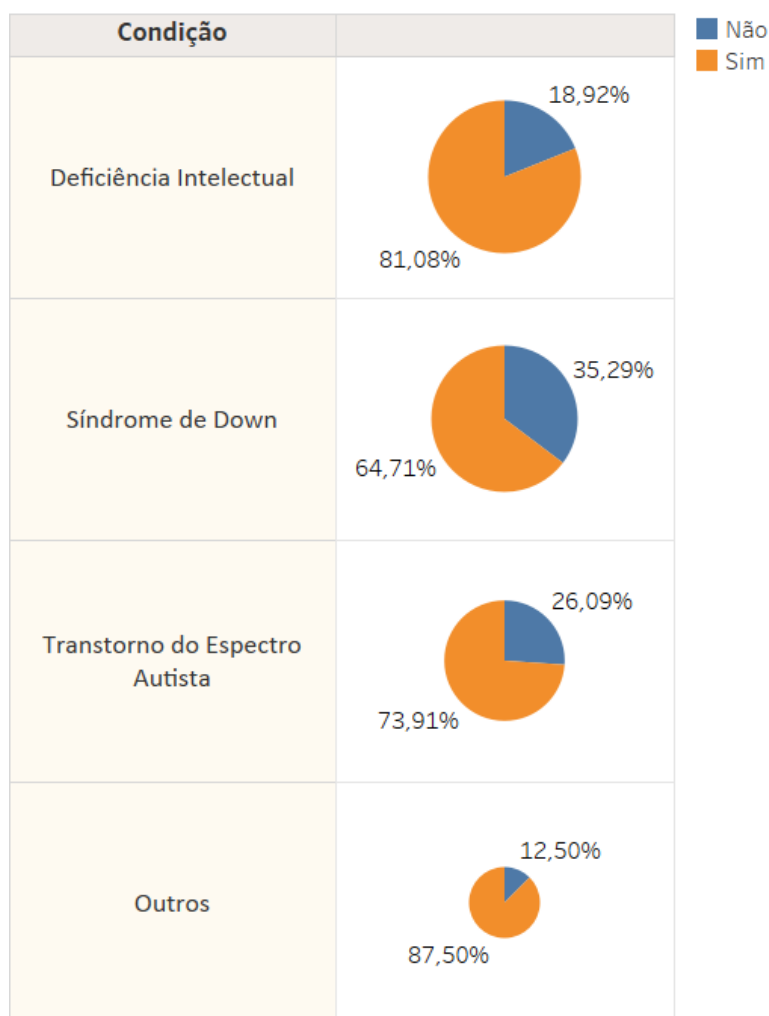


Fonte: Autoria própria

No Gráfico 14, 70% dos responsáveis indicaram como elemento importante o aplicativo ser em formato de jogo, com fases, conquistas e recompensas, confirmando a recomendação de se adotar uma estratégia de *gamificação* do aplicativo, que já havia sido mencionada nas entrevistas. 69% dos participantes também considera importante a presença de um personagem que interage com o usuário e a interface mais valorizada foi a colorida, com detalhes chamativos, que obteve 39% de recomendação, em detrimento de interfaces mais simples, com cores neutras, com 24%.

Para avaliar como esses elementos valorizados poderiam diferir de acordo com a condição do usuário representado, realizaram-se análises entre as quais se destacam a dos gráficos a seguir:

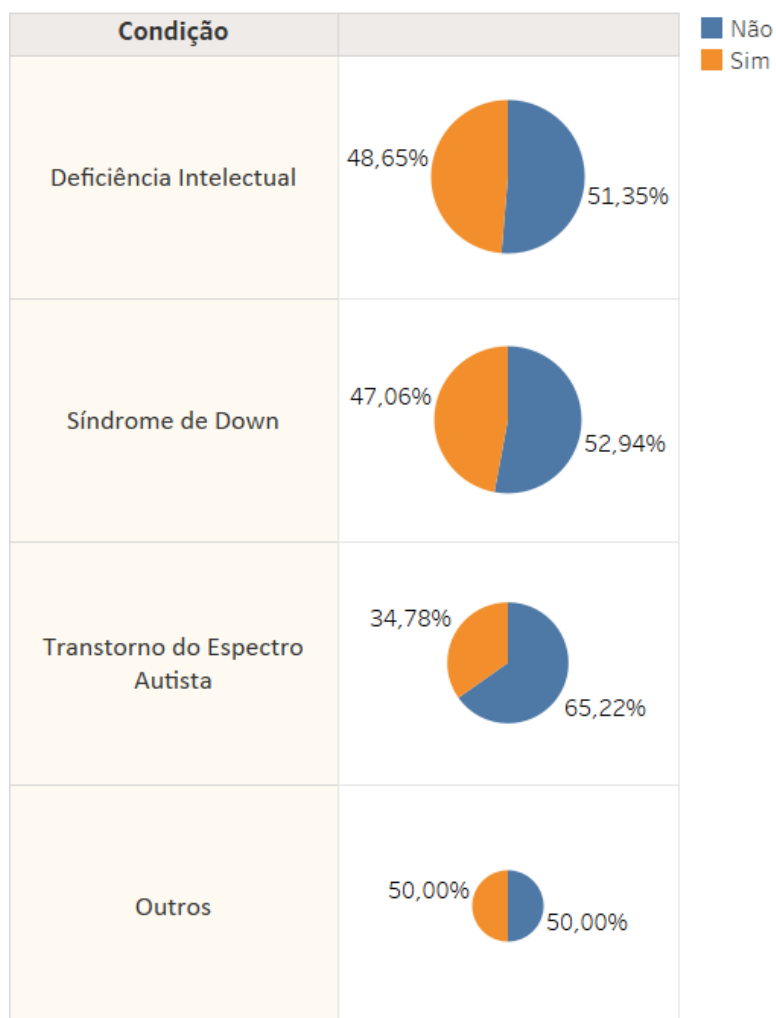
Gráfico 15 – Valorização do elemento “Ser em formato de jogo, com fases, conquistas e recompensas”, discernida por categoria de condição



Fonte: Autoria própria

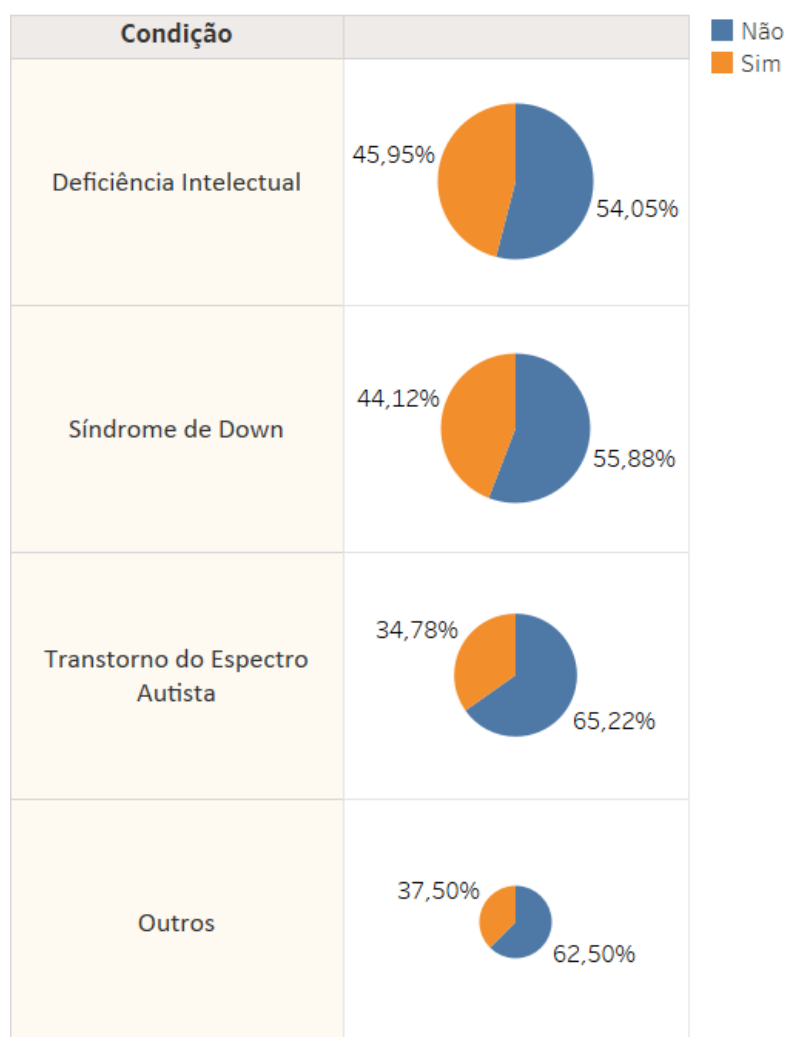
No Gráfico 15, pode-se notar que os potenciais usuários com Deficiência Intelectual são os mais receptivos a aplicativos em formato de jogo, sendo relatado como importante por 81% dos responsáveis, o que foi avaliado como menos significativo por 35,3 % dos responsáveis por pessoas com Síndrome de Down.

Gráfico 16 – Valorização do elemento “Possuir elementos sonoros, como música de fundo e sons ao clica em botões”, discernida por categoria de condição



Fonte: Autoria própria

Gráfico 17 – Valorização do elemento “Ser bastante colorido, com detalhes para chamar a atenção”, discernida por categoria de condição

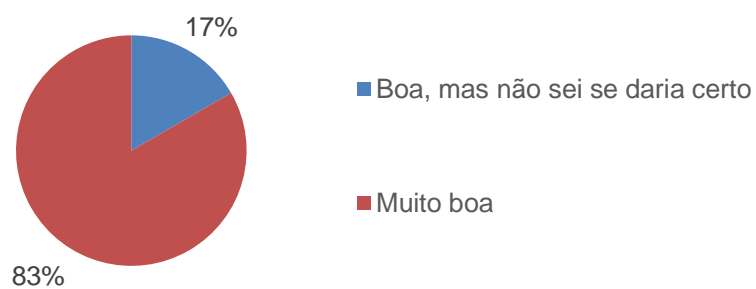


Fonte: Autoria própria

Os Gráficos 16 e 17 indicam uma significativa diferença na valorização de elementos sonoros, como música de fundo e sons ao clicar botões, e interfaces coloridas e chamativas por pessoas com Transtorno do Espectro Autista, em relação às outras condições. Isso pode ser explicado pelas características associadas ao transtorno, que podem incluir hipersensibilidades sensoriais .

Por fim, perguntou-se aos responsáveis participantes da pesquisa a opinião sobre a ideia do projeto, entre as opções “Ruim”, “Irrelevante”, “Boa”, mas não sei se daria certo” e “Muito boa”, obtendo-se uma boa aceitação, como pode ser observado no Gráfico 18:

Gráfico 18 – Opinião dos responsáveis sobre a ideia do projeto



Fonte: Autoria própria

5 BENCHMARKING

Antes de criar um novo jogo de Matemática, fez-se uma pesquisa sobre os jogos já existentes para entender se, no estado da arte, já havia propostas que satisfizessem os objetivos desta pesquisa. Nas seções a seguir, serão apresentados alguns dos jogos analisados, como suas características convergem ou divergem das necessidades deste projeto e o impacto dessas análises no modelo de jogo escolhido.

5.1 JOGOS DE MATEMÁTICA IMPLÍCITOS E EXPLÍCITOS

Nos jogos analisados, notou-se uma clara diferença entre a forma de abordar o conteúdo de matemática. Enquanto alguns abordavam exercícios de forma explícita, ou seja, rotulando-os como jogos de matemática e propondo atividades diretamente relacionadas à disciplina, outros apresentavam uma abordagem mais lúdica e implícita, sem realçar o fato de ser um jogo didático.

O jogo “Jogos de Matemática - Adição e subtração, contagem” da empresa *RV AppStudios* é um exemplo de um aplicativo com uma abordagem matemática explícita. O jogo é composto por diversas atividades, que tratam de conteúdos da Matemática Básica, como contagem, adição e subtração. Apesar de trazer personagens animados dentro do jogo, que interagem com o jogador, o objetivo se reduz à resolução de atividades de Matemática que são apresentadas em um quadro, conforme a Figura 2:

Figura 2 - Jogo de Matemática da *RV AppStudios*



Fonte: <https://www.rvappstudios.com/math-kids-47.html>

Em contrapartida, o jogo “Millie Moreorless”, da empresa *Enabling Play*, tem uma abordagem Matemática mais implícita. O jogo, que segundo a empresa, foi desenvolvido em *co-design* com crianças com Síndrome de Down, aborda a habilidade de contar e estimar quantidades. Uma personagem caminha sobre plataformas e seu objetivo é passar por elas apenas quando estiverem niveladas. Para nivelar as plataformas, são utilizados dois botões, ambos com pequenas bolinhas rosas. O botão com o maior número de bolinhas faz com que a plataforma se eleve, enquanto o botão com menos bolinhas faz com que a plataforma desça. Assim, o objetivo do jogador é identificar se a plataforma deve descer ou subir ao comparar o número de bolinhas dos dois botões para escolher qual deve ser apertado. Em nenhum momento é demonstrado explicitamente para o jogador que se trata de um exercício de contagem, habilidade que é exercitada implicitamente no decorrer do jogo.

Figura 3 - Jogo *Millie Moreorless* da *Enabling Play*



Fonte: <https://www.educationalappstore.com/app/millie-moreorless>

Durante as reuniões com os professores da Escola de Aplicação na Etapa 0, notou-se uma preferência para a abordagem matemática implícita. Julgou-se que apresentar um jogo de Matemática que enfatizasse seu caráter didático poderia causar um estresse em um aluno que não tivesse boas experiências com a disciplinas, desestimulando-o a jogar. Assim, para este projeto, buscou-se que o objetivo do jogo não fosse, explicitamente, a resolução de problemas matemáticos, mas sim, que o desenvolvimento das habilidades abordadas ocorresse como consequência natural do ato de jogar.

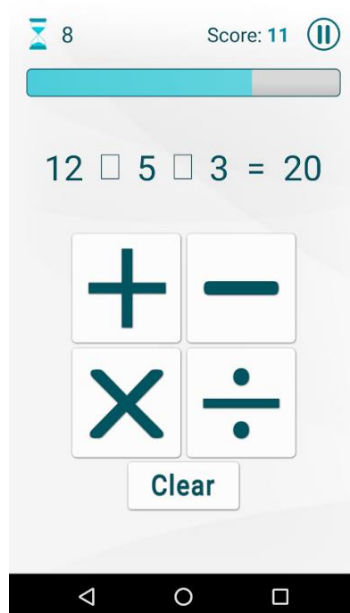
5.2 JOGOS INFANTIS E ADULTOS

Outro aspecto observado ao longo da pesquisa, foi como o conteúdo abordado por cada jogo de matemática se relacionava com público alvo escolhido para o jogo. Percebeu-se que conteúdos básicos, como contagem e operações de adição e subtração, eram quase sempre direcionados a um público infantil. Enquanto isso, para um público mais velho, a maioria dos jogos tinham uma aparência extremamente séria e abordava conteúdos avançados.

Aqui, é possível citar o jogo de matemática da *RV AppStudios*, apresentado na seção anterior, como um exemplo de jogo de Matemática Básica. Com uma abordagem voltada para o público infantil, o jogo traz cenários extremamente coloridos e personagens antropomórficos que conversam com o jogador.

Por outro lado, ao pesquisar jogos de Matemática voltados para adolescentes e adultos, observa-se uma abordagem extremamente séria, sendo a maior parte dos jogos voltado para pessoas que já gostavam de Matemática e estavam buscando maneiras de agilizar o raciocínio lógico e a resolução de exercícios. Este é o caso do jogo de matemática da *Godline Studios*, mostrado na Figura 4, que contém uma série de atividades matemáticas que devem ser feitas pelo jogador em um tempo determinado.

Figura 4 - Jogo de Matemática da *Godline Studios*



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=godlinestudios.MathGames>

Dado que o público-alvo do projeto consiste em adolescentes dos Anos Finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, prezou-se pela criação de um jogo que não tivesse uma abordagem infantil, o que também foi enfatizado pelos professores durante as reuniões da Etapa 0. Ainda assim, não se julgaram adequados os jogos de matemática apresentados ao público de adolescentes e adultos, tendo estes uma abordagem explicitamente matemática, focada na agilidade da realização de operações, contradizendo a conclusão da seção anterior, que propunha a elaboração de um jogo com abordagem matemática preferencialmente implícita.

5.3 JOGOS DE COZINHAR

Nas reuniões de concepção do jogo feitas no desenvolvimento paralelo, descrito no item 3.4, seguiu-se a ideia de abordar habilidades matemáticas do cotidiano, por meio da proposta de simular a preparação de uma receita. Então, decidiu-se buscar inspiração em jogos já existentes, que fossem populares entre o público-alvo da pesquisa.

O primeiro jogo analisado chama-se *Cooking Diary*, da empresa MYTONA. O jogo simula o trabalho de um jovem, que herdou a cozinha de seu avô, em gerenciar esta cozinha, sendo responsável por servir clientes e incrementar sua infraestrutura. O jogo acontece em diferentes níveis. Em cada um, clientes se aproximam de um balcão e fazem um pedido. O objetivo do jogador é preparar o pedido de cada cliente usando os artefatos disponíveis em sua cozinha. Ações ágeis do jogador são bonificadas com uma quantidade maior de pontos, enquanto ações mais lentas geram penalidades na pontuação. Entre as partidas, o jogador pode comprar equipamentos de cozinha, que agilizam o preparo dos pratos, ou itens do cenário, que aumentam a popularidade do restaurante.

Figura 5 - Jogo *Cooking Diary* da MYTONA

Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mytona.cookingdiary.android>

Outro jogo bastante popular que foi analisado foi o *Overcooked*, da *Ghost Town Games Ltda*. Similar ao *Cooking Diary*, o objetivo desse jogo é preparar um determinado número de receitas em um intervalo de tempo determinado, bonificando as receitas que forem preparadas mais rapidamente e penalizando pratos que não são entregues. No entanto, este jogo apresenta cenários dinâmicos, que criam obstáculos ao longo da partida, tornando mais difícil para o jogador gerenciar a preparação dos pratos.

Figura 6 - Jogo *Overcooked* da Ghost Town Games Ltda

Fonte: <https://store.steampowered.com/app/448510/Overcooked>

Ambos os jogos focam na agilidade do jogador em preparar os pratos pedidos pelos clientes. Uma vez que não são jogos propriamente matemáticos, são poucos os conceitos da disciplina que poderiam ser explorados, reduzindo-se à contagem de ingredientes, pontuação e verificação do tempo restante da partida. Para o contexto desta pesquisa, buscou-se trazer algumas mecânicas deste tipo de jogo, mas com um foco nas atividades que exigissem do jogador um certo raciocínio matemático. Também foi excluído do escopo da pesquisa a penalização com base no tempo de partida, de forma que o jogador possa despende o tempo que for necessário para tomar decisões em cada momento do jogo, com base em raciocínio matemático.

6 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

6.1 LEVANTAMENTO INICIAL DE REQUISITOS

A partir dos resultados do estudo de usuário, descritos no capítulo anterior, definiu-se que o aplicativo a ser desenvolvido seria um jogo. Então, após os primeiros alinhamentos com a Escola de Aplicação e a realização de estudos exploratórios sobre *design* de jogos, especialmente em relação às boas práticas de projeto para jogos acessíveis referenciadas no item 2.3.1, elencou-se um conjunto de Regras de Negócio que norteariam o desenvolvimento do jogo, descrito na Tabela 1 abaixo. Essas regras continuariam válidas independentemente do contexto do jogo a ser definido posteriormente, por meio do *design* participativo.

Tabela 1 – Regras de Negócio do jogo - Continua

Código	Identificador	Explicação
RN1	Focado na autonomia do aluno	Trazer ao aluno conhecimentos e habilidades que o permitam atuar de forma mais autônoma no cotidiano.
RN2	Pensado para adolescentes	O formato do jogo elaborado deve corresponder ao de um público adolescente, sem elementos infantilizados.
RN3	Linguagem simples	A linguagem utilizada na comunicação com o jogador deve ser clara e objetiva.
RN4	Controles acessíveis	Oferecer opções de controle de jogo que leve em consideração usuários com pouca familiaridade com a interface ou com problemas motores.
RN5	Controles simples	O jogo não deve depender de controles complexos como clicar e arrastar ou cliques repetitivos.
RN6	Interação acessível	Os elementos de jogo devem ser elaborados de modo a facilitar a interação do jogador com a interface utilizada.
RN7	Dificuldade variada	Apresentar uma variedade de dificuldade que permita ao jogador regular o nível de exigência do jogo conforme suas aptidões.
RN8	Multiplataforma	O jogo deve ser multiplataforma, podendo ser executado em smartphones e tablets de diferentes tamanhos e formatos.

RN9	Configurações de som	O jogo deve apresentar clareza nos elementos sonoros permitindo também ajustar suas configurações.
RN10	Imagens piscantes e padrões repetitivos	Não implementar padrões visuais que pisquem em excesso.
RN11	Elementos visuais ajustáveis	Permitir que o usuário ajuste elementos visuais para melhorar a jogabilidade.
RN12	Guias e tutoriais	Apresentar dicas e lembretes de controles, forma de interação e objetivos do jogo.

A partir das Regras de Negócio definidas e outras necessidades levantadas, listaram-se os requisitos do sistema que funcionariam como um guia para a elaboração dos fluxos do jogo, bem como uma relação de critérios de qualidade que visavam garantir uma melhor experiência para o usuário final.

Os requisitos funcionais descrevem o trajeto do usuário pelas diferentes funcionalidades da aplicação, estipulando qual deve ser a reação do sistema para cada ação tomada. Da mesma forma, por dependerem de um detalhamento maior da aplicação que só seria possível após a evolução do processo de *design* participativo, a Tabela 2 descreve os requisitos funcionais que serviram como uma base para as etapas posteriores do projeto.

Tabela 2 – Requisitos Funcionais

Código	Identificador	Explicação
RF1	Informações com possibilidade de repetição.	Mensagens importantes e instruções não serão vistas novamente pelo usuário.
RF2	Controles customizáveis	Controles na interface devem permitir alteração de ordem e posicionamento de acordo com o que o usuário achar confortável.
RF3	Controles de volume	Disponibilizar controle de volume separado para cada um dos diferentes elementos do jogo (voz, música de fundo).

Já os requisitos não funcionais, listados na Tabela 3, apontam diretrizes gerais do sistema que não envolvem o fluxo da aplicação, tais como o nível de segurança

desejado, parâmetros esperados de desempenho ou boas práticas do desenvolvimento de jogos.

Tabela 3 – Requisitos Não Funcionais.

Código	Identificador	Explicação
RNF1	Redundância nas informações e ênfase	Não transmitir uma mensagem importante por um único elemento (seja texto, cor, som...), mas reforçar a informação em outros formatos. Grifar para destacar elementos importantes.
RNF2	Fontes acessíveis	As fontes utilizadas ao longo do jogo devem ser pensadas de forma a não atrapalhar a jogabilidade do jogo por problemas relacionados à visão.
RNF3	Fonte padrão legível	A fonte padrão do jogo e eventuais legendas devem ter tamanho legível e bom contraste com o plano de fundo.
RNF4	Elementos estáticos	Elementos que exigam interação com o usuário não devem ser estáticos.
RNF5	Informações de jogo graváveis	As pontuações e preferências do jogador devem ser salvas no sistema, de forma a persistirem entre as sessões de jogo.
RNF6	Elementos espaçados	Espaçar elementos interativos na tela de jogo para que não sejam indesejados.
RNF7	Possibilidade de interação evidenciada	Evidenciar elementos com os quais o usuário pode interagir.
RNF8	Elementos no foco da ação	Elementos importantes para uma determinada ação devem estar em foco no campo de visão do jogador.
RNF9	Portabilidade entre sistemas operacionais	O jogo deve ter portabilidade para os sistemas Android e iOS.
RNF10	Interface responsiva	O jogo deve ter interface responsiva, dispondo os elementos corretamente de acordo com o tamanho da tela utilizada.
RNF11	Instruções em áudio destacadas	Durante momentos do jogo em que sejam passadas instruções importantes por áudio, os sons de fundo devem ser ajustados para dar destaque à instrução.
RNF12	Elementos sonoros reforçados	Evidenciar a fonte de um elemento sonoro importante por recursos visuais.

RNF13	Diferenciação entre planos de jogo	O plano frontal do jogo, que contém os elementos da ação, deve estar destacado do plano de fundo.
RNF14	Guias de acessibilidade	Disponibilizar um guia com as opções de acessibilidade.
RNF15	Dicas e lembretes	Incluir dicas e lembretes ao longo do jogo para cumprir objetivos.
RNF16	Leitor de tela	Elementos do jogo devem ter descrição para utilização por leitores de tela.
RNF17	Áudio descrição	Acontecimentos do jogo devem apresentar descrição em áudio.

Com o intuito de classificar os requisitos funcionais e não funcionais levantados, definiram-se os seguintes parâmetros:

- ◁ Origem: Aponta o *stakeholder* ou a fonte que gerou o requisito.
- ◁ Prioridade: Mostra o grau de prioridade do requisito no desenvolvimento do projeto.
- ◁ Estabilidade: Indicação qualitativa se a aplicação do requisito estava decidida nesta etapa de levantamento inicial, ou quais fatores influenciavam sua incerteza.

A seguir, as tabelas de 4 a 6 apresentam a distribuição dos requisitos em cada parâmetro definido, identificados pelo código correspondente.

Tabela 4 – Códigos de requisitos listados pela origem

Origem	Código dos requisitos
Estudo de usuário	
Professores da Escs de Aplicação	RN1, RN2
Decisões de projeto	RNF9, RNF10
Acessibilidade para jogos	RN3, RN4, RN5, RN6, RN7, RN8, RN9, RN10, RN11, RN12, RF3, RNF1, RNF2, RNF3, RNF4, RNF5, RNF6, RNF7, RNF8, RNF11, RNF12, RNF13, RNF14, RNF15, RNF16, RNF17

Tabela 5 – Códigos de requisitos listados pela prioridade

Prioridade	Código dos requisitos
Alta	RN1, RN2, RN3, RN4, RNF2, RNF3, RNF5
Normal	RN5, RN6, RN7, RN8, RN9, RN10, RN11, RN12, RF1, RF2, RF3, RNF1, RNF4, RNF6, RNF7, RNF8, RNF9, RNF10, RNF11, RNF12, RNF13, RNF14
Baixa	RNF15, RNF16, RNF17

Tabela 6 – Códigos de requisitos listados pela estabilidade

Estabilidade	Código dos requisitos
Decidido	RN1, RN2, RN3, RN4, RN5, RN6, RN8, RN9, RN10, RN11, RNF1, RNF2, RNF3, RNF4, RNF5, RNF6, RNF7, RNF9, RNF10, RNF11, RNF12
Depende de tempo hábil	RN7, RNF14
Depende de complexidade técnica	RF2, RF3, RNF15, RNF16
Depende de escolhas futuras do projeto	RNF17, RNF18
Precisa de mais discuss	RN12, RNF8, RNF13

Com o avanço do projeto, as regras de negócio e os requisitos levantados anteriormente foram revisitados e reavaliados. Optou-se então por descontinuar algumas regras e requisitos, que não impactariam tanto a experiência do jogador, devido à complexidade da implementação de alguns deles e às limitações de prazo do trabalho. A Tabela 7 a seguir indica o status dos requisitos e regras deste levantamento inicial.

Tabela 7 – Códigos de requisitos listados pelo status

Status	Código dos requisitos
Implementado	RN1, RN2, RN4, RN5, RN8, RN10, RNF4, RNF6, RNF9
Em desenvolvimento	RN3, RN6, RN7, RN9, RN12, RF1, RF3, RNF1, RNF2, RNF3, RNF5, RN RNF8, RNF10, RNF13, RNF15
Descontinuado	RN11, RF2, RNF11, RNF12, RN RNF16, RNF17

6.2 STORYBOARD DO JOGO

Com base nos resultados da aplicação da metodologia descrita na seção 3 e na especificação inicial de requisitos definida anteriormente, elaborou-se um roteiro em formato de *storyboard* com os diferentes fluxos de jogo. O objetivo deste artefato foi compilar as ideias e os conceitos discutidos com os professores da Escola de Aplicação na Etapa 0 do Design Participativo, descrita no item 3.3.3, e estruturar o jogo que seria desenvolvido ao longo do projeto. Os desenhos aqui apresentados, na forma de protótipos de baixa fidelidade, serviram de base para a criação dos *layouts* da primeira versão do jogo, que está documentada no item 8.1.

Durante a reunião com os professores, um dos conteúdos mais fortemente sugeridos para serem abordados, ao focar na autonomia dos estudantes no dia a dia, foi a situação de uma compra, como no supermercado. Neste contexto, os professores relataram que a pessoa com deficiência intelectual pode ter dificuldade de julgar se o dinheiro que possui é suficiente para comprar os produtos que deseja, ou de calcular

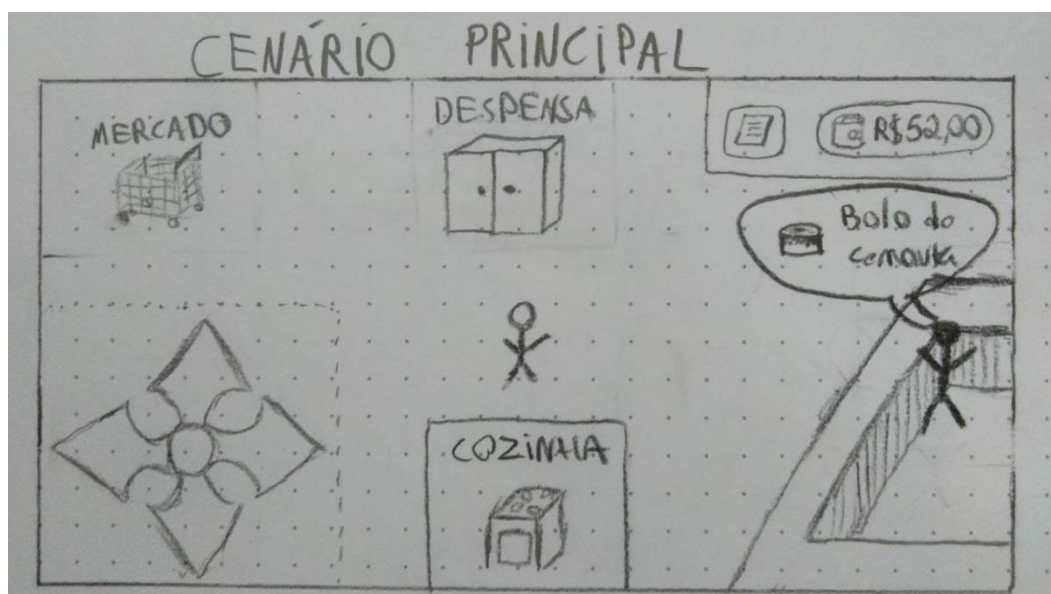
quanto deveria receber de troco pelo valor fornecido. Tal situação já havia sido relatada por pais de alunos com deficiência, como uma barreira a ser superada.

A partir dessa ideia, o contexto escolhido para o jogo foi o de uma loja, onde um vendedor, personagem principal do jogo, deve comprar recursos e preparar um produto. Por meio da venda desses produtos, o jogador acumula mais dinheiro, permitindo a compra de novos recursos e a preparação de novos itens.

Pensando no desenvolvimento de um jogo customizável, que se adaptasse aos gostos de diferentes alunos, essa estrutura foi pensada como um arcabouço de ambientes básicos que pode ser aplicado a diversos contextos, apenas adaptando esses ambientes de acordo com a temática de interesse do aluno ou aluna para quem o jogo seria desenvolvido.

O primeiro ambiente pensado para o arcabouço do jogo foi o cenário principal, por meio do qual o jogador pode acessar todas as outras áreas que fazem parte do jogo. A aparência desse cenário deve variar conforme a temática abordada. Para uma primeira implementação, optou-se pela temática de venda de bolos, então o cenário escolhido foi o de uma confeitaria. Essa escolha também foi influenciada pela Etapa 0 do Design Participativo, pois um dos contextos sugeridos para o desenvolvimento do jogo foi a preparação de uma receita, que poderia abordar habilidades importantes, como a contagem de ingredientes, a conservação de quantidades e o uso de diversas unidades de medida.

Figura 7 - Cenário principal

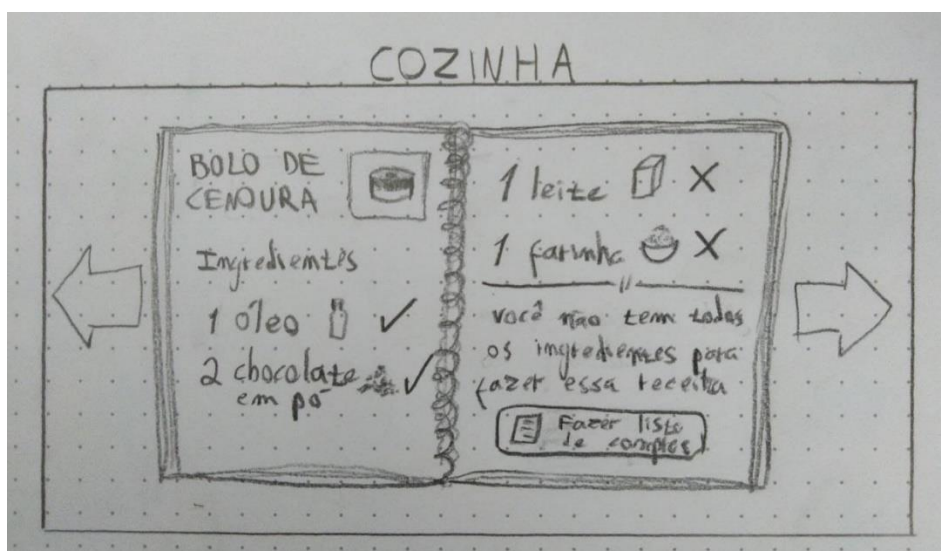


Fonte: Autoria própria

No balcão da loja, chegam clientes com pedidos para o vendedor. O pedido do cliente é mostrado por um balão de fala, com o nome e uma imagem do produto desejado. Na Figura 7, é mostrado o pedido de um bolo, no contexto de confeitaria escolhido. Para cada cliente que chega com um pedido, o jogador deve preparar o bolo correspondente, movimentando-se pelo cenário para acessar os outros ambientes do jogo.

Para confeccionar um produto, o jogador deve ir até a área de preparação, representada neste contexto por uma cozinha. Ao entrar na área sinalizada, é mostrada uma lista de itens necessários para a confecção do pedido do cliente. A Figura 8 mostra um livro de receitas com a lista de ingredientes para a preparação do bolo que foi pedido pelo cliente no cenário principal.

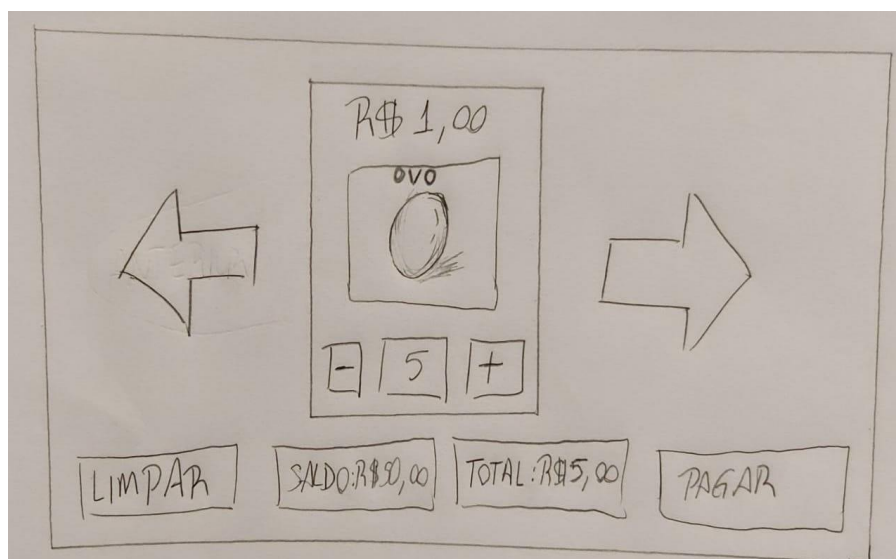
Figura 8 - Ambiente de preparação



Fonte: Autoria própria

Ainda nesse ambiente, caso o jogador possua todos os itens necessários para a confecção do pedido, será possível acionar sua preparação por meio de um botão. Ao realizar essa ação, o personagem voltará ao cenário principal, desta vez carregando o produto pronto, que deve ser levado ao cliente no balcão, completando uma venda, e conseqüentemente, aumentando seu saldo. Caso o jogador não possua todos os itens necessários, ele poderá gerar uma lista de compras com os itens faltantes, que serão adquiridos na tela de mercado.

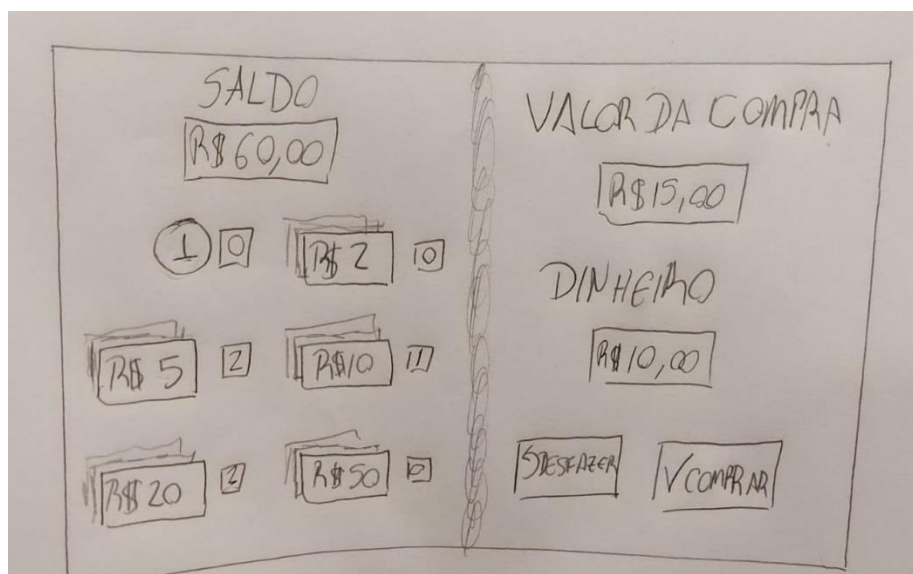
Figura 9 – Mercado



Fonte: Autoria própria

O mercado mostra uma lista de todos os recursos que o jogador pode comprar para a preparação dos pedidos, como mostrado na Figura 9. Sua concepção foi baseada na ideia de um aplicativo de compras de supermercado, contexto que tem sido cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, conforme também discutido com os professores da EA na Etapa 0. O jogador pode navegar entre os cartões de recursos, adicionando novos itens ao seu carrinho, e só podendo prosseguir para o pagamento caso tenha saldo suficiente para completar sua compra.

Figura 10 - Tela de Pagamento



Fonte: Autoria própria

Com a intenção de promover a autonomia do aluno para manipular dinheiro, a tela de pagamento mostrada na Figura 10 foi concebida para simular uma carteira, na qual o jogador deve escolher, dentro de seu limite de saldo, uma quantia a pagar igual ou maior que o valor total da compra. O saldo do jogador também é apresentado nesta tela, junto com sua decomposição em moeda e notas de real, que devem ser selecionadas para compor o pagamento. Ao lado de cada valor de nota, há a indicação da quantidade de cédulas presentes na carteira, que diminuem ao serem utilizadas. Caso o jogador se arrependa de uma escolha, é possível desfazer a ação por meio de um botão, ou concluir a compra, caso tenha atingido ou superado o valor total.

A qualquer momento do jogo, o jogador pode acessar a despensa, que reúne todos os recursos que o jogador possui até então. Caso o jogador compre ingredientes por engano e fique sem saldo para fazer a compra dos itens necessários para a preparação do pedido, nesse local também será possível vender esses recursos, retornando o valor do item correspondente para o saldo do jogador.

Figura 11 – Despensa



Fonte: Autoria própria

Além dos cenários já descritos anteriormente, propôs-se disponibilizar uma calculadora para auxiliar nas contas do jogo, estimulando o aluno a utilizar ferramentas que auxiliem nos cálculos matemáticos do dia-a-dia e que são acessíveis por estarem presentes em aplicativos padrão do sistema operacional dos celulares.

Para exemplificar a flexibilidade do arcabouço em outras versões, o ambiente do jogo descrito como uma confeitaria poderia ser transformado em uma montadora,

caso o estudante tenha interesse por carros, na qual os ingredientes das receitas serão substituídos por peças, o livro de receitas será representado por um manual de montagem, a despensa será trocada por um depósito e assim por diante. O jogo também seria facilmente adaptado para uma loja que vendesse outros tipos de alimentos, como uma hamburgueria; ou adentrando um universo mais lúdico, poderia ser uma loja de poções mágicas. O único pré-requisito é que a loja venda produtos que possam ser decompostos em diferentes itens necessários para a sua confecção, devendo ser comprados em algum tipo de mercado.

6.2.1 Abordagem didática

Tendo em vista o propósito didático do jogo, neste item serão detalhados os conceitos de matemática implícitos no fluxo de jogo descrito anteriormente, que se concentram no ambiente representado por um mercado.

Na tela inicial, abordam-se as operações de soma e subtração ao adicionar e retirar itens do carrinho de compras, cujos preços unitários são somados ou subtraídos do valor total a pagar. Também está presente nesta mecânica a operação de multiplicação, pois a quantidade selecionada de um item é multiplicada por seu preço unitário para compor o valor total. Com o uso da lista de compras como referência de quantas unidades de cada ingrediente devem ser adicionadas ao carrinho, também se abordam a contagem e a produção de subconjuntos, conceitos que estão detalhados no item 2.2 deste documento. Por fim, para poder prosseguir ao pagamento, estimula-se a noção de maior ou menor ao avaliar se o saldo do jogador é suficiente para pagar o total da compra.

Na tela de pagamento, há o reconhecimento de valores monetários e os conceitos de pagamento, total da compra e troco, que compõem uma operação de subtração entre si. Adotou-se como valores monetários apenas as cédulas mais usuais e a moeda de 1 real, trabalhando-se, portanto, somente com números inteiros. É possível abordar ordenação, uma vez que as notas estão dispostas em ordem crescente, além da operação de multiplicação, que aparece nas quantidades de cada valor monetário que o jogador possui. Ao selecionar as notas para compor o pagamento, também se trabalham os conceitos de irrelevância de ordem e soma, em que diversas configurações do mesmo conjunto de notas selecionadas somarão o mesmo pagamento. Por fim, também é abordada a noção de maior e menor, dado que

o valor selecionado deve ser igual ou maior ao total da compra para concluir o pagamento.

De maneira geral, o jogo trabalha a conservação de quantidades, visto que os ingredientes no mercado devem aparecer na despensa e serão os mesmos utilizados na preparação das receitas na cozinha.

6.3 PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO

Outra funcionalidade proposta para o projeto foi a criação de uma plataforma de acompanhamento, por meio da qual os professores poderiam observar o desempenho dos alunos no jogo, assim como o tempo de uso no aplicativo. A Tabela 8 exibe a lista de requisitos não funcionais pensados para este recurso.

Tabela 8 – Requisitos não funcionais da plataforma de acompanhamento

Código	Identificador	Explicação
RF1	Interoperabilidade	Ser capaz de se comunicar com o banco de dados utilizado no jogo.
RF2	Portabilidade	Ser utilizado em diferentes plataformas. Ex: Notebooks e celulares
RF3	Usabilidade	Ser intuitivo, sem necessidade de treinamentos para sua utilização

Também se elencaram os requisitos funcionais, exibidos na Tabela 9. Por convenção da área de Engenharia de Software, adotou-se o acrônimo CRUD, do inglês: Create, Read, Update and Delete, para resumir as funcionalidades descritas na coluna de explicação.

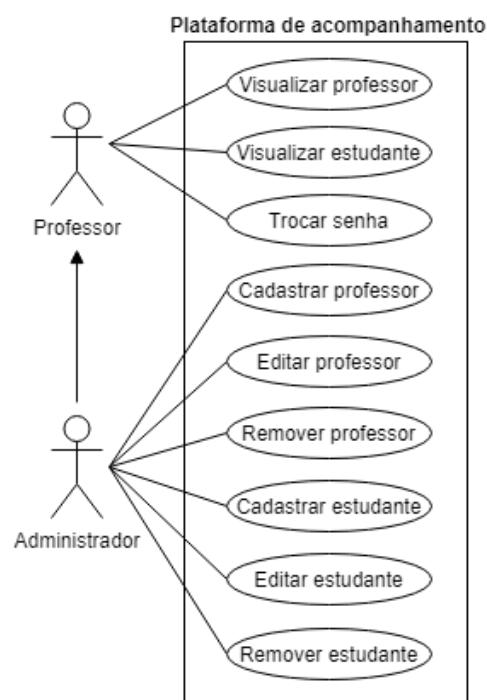
Tabela 9 – Requisitos funcionais da plataforma de acompanhamento

Código	Identificador	Explicação
RF1	Login	Permitir o cadastro/login de usuários no sistema.
RF2	Troca de senha	Permitir a troca de senha de usuários do sistema.

RF3	CRUD Professo	Cadastrar, visualizar, editar e remover professores.
RN4	CRUD Estudant	Cadastrar, visualizar, editar e remover estudantes
RN5	Dados de jogo	Coletar e exibir dados dos estudantes gerados pelo

Pensando-se nos níveis de acesso que o sistema deveria ter, foram definidos dois tipos de usuário: Professor e Administrador, sendo o Administrador capaz de realizar todas as funções que um Professor realiza. A figura a seguir exibe o Diagrama de Casos de Uso do sistema:

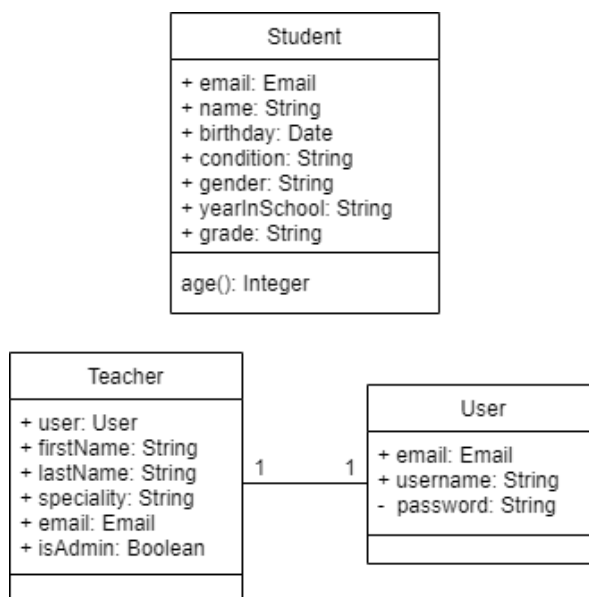
Figura 12 – Diagrama de Casos de Uso do sistema



Fonte: Autoria própria

Por fim, definiram-se as informações que o sistema deveria atrelar aos estudantes e professores cadastrados, gerando o diagrama de classes da figura abaixo:

Figura 13 – Diagrama de classes da plataforma de acompanhamento



Fonte: Autoria própria

7 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Nesta seção, serão definidas as tecnologias utilizadas para desenvolver a especificação do sistema descrita na seção anterior.

7.1 JOGO

Com base nas Regras de Negócio apresentadas no item 6.1, somadas a algumas possibilidades de abordagens de jogos levantadas ao longo do projeto, construiu-se uma matriz de decisão técnica para avaliar qual ferramenta de desenvolvimento de jogos seria mais adequada entre algumas possibilidades levantadas. As linhas da matriz representam os seguintes critérios, com os respectivos pesos adotados:

- ◁ **Autonomia:** Capacidade de personalização oferecida pela ferramenta, permitindo autonomia de criação aos desenvolvedores e garantindo as regras de negócio de acessibilidade do projeto. Por ser um elemento crucial para o aplicativo, este critério tem peso 3.
- ◁ **Exigência:** Requisitos de hardware e software exigidos pela ferramenta para um bom desempenho de uso. Considerando que os notebooks dos desenvolvedores possuem recursos que não podem ser expandidos e o impacto que uma ferramenta incompatível geraria para o desenvolvimento do projeto, este critério também tem peso 3.
- ◁ **Portabilidade:** Possibilidade de implementação do jogo em diferentes plataformas. Por ser uma das regras de negócio definidas no projeto, este critério tem peso 3.
- ◁ **Velocidade:** Agilidade de desenvolvimento que a ferramenta proporciona, pela quantidade de funcionalidades e elementos reutilizáveis. Por ter um impacto direto no tempo de desenvolvimento do projeto, este critério tem peso 2.
- ◁ **Referência:** Quantidade de materiais de referência, tutoriais, trabalhos prévios utilizando a ferramenta e tamanho da comunidade de desenvolvedores. A este critério, também se atribui peso 2.

- ◁ **Experiência:** Conhecimento prévio dos desenvolvedores sobre a ferramenta em questão. Considerando a experiência limitada do grupo em desenvolvimento de jogos, este critério foi considerado menos importante que o critério de Referência, possuindo, portanto, peso 1.

Para cada ferramenta avaliada, atribuiu-se uma nota de 0 a 4 em cada um dos critérios acima, gerando a matriz de decisão abaixo:

Tabela 8 – Matriz de decisão técnica sem ponderação.

Ferramenta	Unity	Unreal Engine	Godot	LibGDX + Kotlin
Autonomia	4	4	3	3
Exigência	3	4	2	1
Portabilidade	4	4	3	3
Velocidade	3	3	2	1
Referência	4	3	2	2
Experiência	0	0	0	2
TOTAL	12	10	8	10

Para calcular o total de pontos obtidos por cada ferramenta, somaram-se os pontos atribuídos em cada critério na coluna final, exceto pelo critério de Exigência, que por ser uma característica negativa da ferramenta, foi subtraído no cálculo. A tabela a seguir representa a matriz de decisão com as pontuações ponderadas de acordo com os pesos indicados previamente:

Tabela 9 – Matriz de decisão técnica com critérios ponderados.

Ferramenta	Unity	Unreal Engine	Godot	LibGDX + Kotlin
Autonomia	12	12	9	9
Exigência	9	12	6	3
Portabilidade	12	12	9	9
Velocidade	6	6	4	2
Referência	8	6	4	4
Experiência	0	0	0	2
TOTAL	29	24	20	23

A partir da análise realizada, definiu-se o motor de jogos Unity como ferramenta base para o desenvolvimento do aplicativo, por meio de uma interface gráfica e de códigos em C#. A plataforma possui uma ampla comunidade de desenvolvedores, com muitos tutoriais disponíveis online e é bastante versátil. Para garantir um desenvolvimento sem problemas de compatibilidade entre versões, uma vez que a plataforma lança diversos patches de atualização ao longo do ano, fixou-se a versão 2019.4.7f1 da *Unity* para desenvolver o projeto, que era a versão com suporte a longo prazo (LTS) mais atualizada da ferramenta no início do desenvolvimento.

Para a criação da trilha sonora e de alguns efeitos sonoros do jogo, utilizou-se o *software* Bosca Ceoil, que permite compor músicas utilizando diferentes instrumentos predefinidos. Outros sons foram gravados com microfone, ou importados de bibliotecas gratuitas, sendo editados com o *software* Audacity.

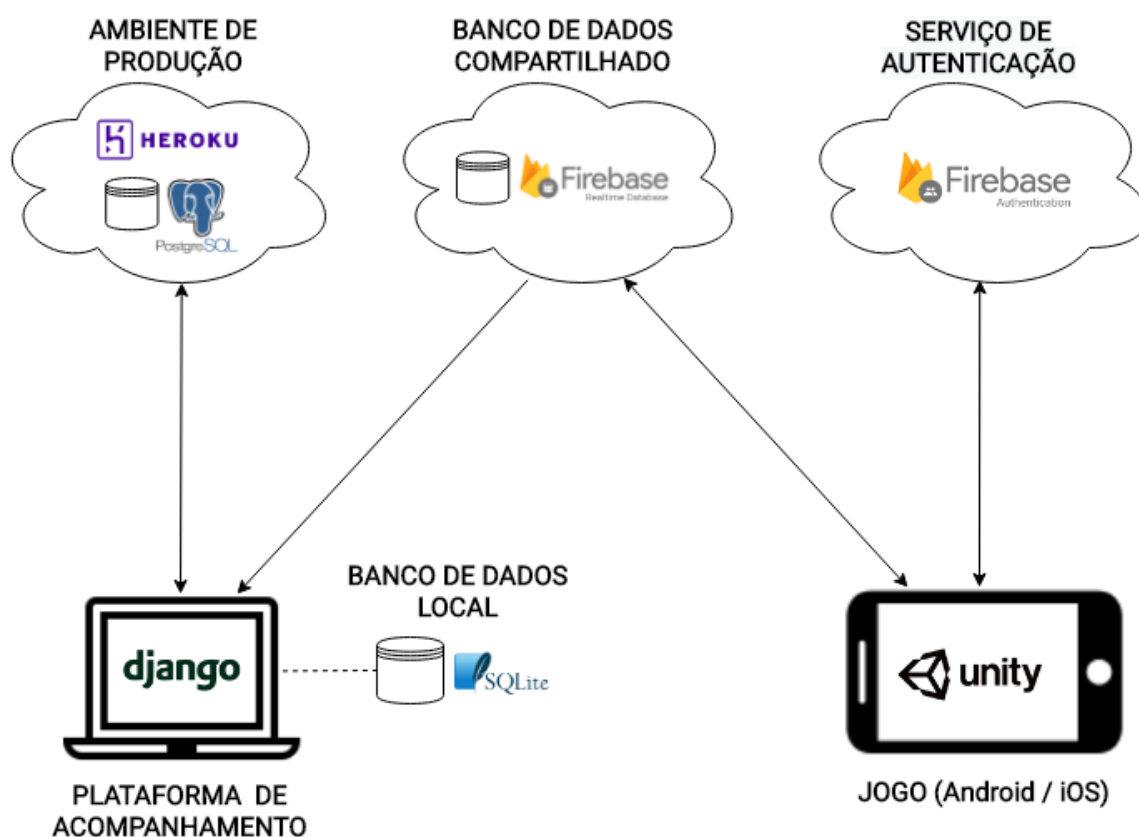
7.2 PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO

A solução escolhida para o desenvolvimento da plataforma de acompanhamento dos professores foi um sistema de informação baseado no *framework* para aplicações *web* Django 3.1, associado a Python 3.8. Por simplicidade, utilizou-se SQLite 3 para o banco de dados local, além do *template* AdminLTE 3 para o *frontend*, com modelos prontos de páginas em HTML, CSS e jQuery.

Para o ambiente de produção do sistema, escolheu-se o serviço de hospedagem gratuito do Heroku, aliado a um banco de dados PostgreSQL. Diferentemente do SQLite, que fica gravado no disco rígido local e não ofereceria persistência de dados, o PostgreSQL é adequado para aplicações *online*.

Para possibilitar a comunicação do jogo com a plataforma de acompanhamento, propôs-se utilizar o serviço Firebase, da Google, que possui uma gama de microsserviços oferecidos que podem ser utilizados pela aplicação. Para cadastrar o aluno no jogo, de forma a possibilitar a identificação e a análise dos dados de jogo para cada aluno, utilizou-se o Firebase Authentication, serviço de autenticação do Firebase. Os dados gerados pelo jogo são armazenados no Realtime Database, o serviço de banco de dados do Firebase, que também se integra ao sistema de informação através do módulo *firebase_admin* do Python. O diagrama abaixo mostra a arquitetura do sistema, com seus componentes e interações com os microsserviços descritos:

Figura 14 – Diagrama do Sistema



Fonte: Autoria própria

8 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção, será descrito como foi feita a implementação do jogo e dos sistemas que dão suporte às suas funcionalidades, que foi pautada na metodologia de trabalho relatada na seção 3 e na especificação do sistema descrita na seção 6.

Esta seção será dividida em três itens. No item 8.1, será apresentada uma primeira versão do jogo, desenvolvida com base nas reuniões com os professores da Escola de Aplicação na Etapa 0 do Design Participativo e no desenvolvimento paralelo. No item 8.2, será descrita a versão final do jogo, resultado da aplicação das dinâmicas de Design Participativo com uma aluna da Escola da Aplicação. Por fim, a seção 8.3 descreve a construção da plataforma de acompanhamento dos jogadores, que será utilizada pelos professores.

8.1 PRIMEIRA VERSÃO DO JOGO

Com a realização das reuniões com os professores da Escola de Aplicação para discutir ideais de jogo na Etapa 0, mas ainda sem a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa para executar as dinâmicas de Design Participativo, foi elaborada uma primeira versão que abordasse as competências matemáticas priorizadas. Essa versão também passou por uma reunião de validação intermediária, descrita no item 3.4, para incorporar sugestões dos professores que melhorassem a abordagem didática do jogo.

Para que fosse possível identificar o aluno como jogador na plataforma de acompanhamento dos professores, antes de iniciar o desenvolvimento dos ambientes principais do jogo, montou-se uma seção de cadastro e *login*, que pede que o jogador se identifique antes de começar a jogar. Para este fluxo, usou-se o serviço de autenticação do *Firebase*, que permite salvar os dados de identificação do usuário de forma segura, bem como identificar o jogador na plataforma de acompanhamento dos professores.

Figura 15 – Tela de cadastro do jogo



CADASTRO

E-mail
exemplo@email.com.br

Senha
Insira sua senha
Insira novamente sua senha

CADASTRAR

Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Tela de *login* do jogo

LOGIN

E-mail
exemplo@email.com.br

Senha
Senha1234

CADASTRO **ENTRAR**

Fonte: Autoria própria

Após a autenticação, o jogador inicia o jogo em um cenário principal, exibido na Figura 17:

Figura 17 – Cenário principal



Fonte: Autoria própria

No canto inferior esquerdo da tela, há um controle que permite que o jogador se desloque vertical e horizontalmente para acessar qualquer um dos ambientes de jogo. Para a movimentação, pensou-se em um controle de jogo somente com setas nas quatro direções, em oposição a um *joystick* na tela de celular. Controles do tipo *joystick* exigem que o jogador pressione o centro do controle e em seguida o arraste para a direção que se deseja movimentar, prescrevendo duas mecânicas para a realização de uma mesma ação. O controle aqui estruturado, por precisar somente do clique na seta com a direção que o jogador deseja mover o personagem, foi considerado mais simples e, assim, mais adequado a este projeto.

Assim que o jogo é iniciado, entra em cena um cliente com um pedido. O objetivo do jogador é preparar a receita pedida, interagindo com os 3 ambientes de jogo: o mercado, a cozinha e a despensa. Após a preparação da receita, ele a entrega para o cliente e o dinheiro da venda é adicionado ao seu saldo.

Para conferir quais ingredientes são necessários para o preparo da receita pedida pelo cliente, o jogador pode ir até a cozinha, que é exibida na figura a seguir:

Figura 18 – Tela da cozinha



Fonte: Autoria própria

A cozinha tem o formato de um livro de receitas. Na página à direita, é mostrado o pedido do cliente e uma lista de ingredientes para sua preparação. Na lista, para cada ingrediente, é sinalizado se o jogador possui a quantidade necessária para fazer a receita. Caso ainda faltem ingredientes, o jogador pode criar uma lista que vai aparecer na tela de mercado, exibida na Figura 19, com os ingredientes faltantes para

a preparação da receita. Caso o jogador possua todos os ingredientes para preparar a receita, o mesmo botão da página da direita irá indicar que é possível fazer a preparação. Com um clique, o bolo é então preparado e o jogador pode entregá-lo ao cliente no cenário principal.

Figura 19 – Tela de mercado



Fonte: Autoria própria

A tela de mercado é composta de uma lista horizontal de ingredientes, onde um único elemento é mostrado de cada vez, com a possibilidade de navegar entre os itens pelos botões de “Anterior” e “Próximo”. Para cada ingrediente, é possível clicar no botão de adição e subtração para adicionar ou remover uma unidade de cada item no carrinho de compras. Com a variação da quantidade de produtos selecionados, o rótulo “Total” é atualizado para mostrar o valor total da compra a cada instante. Há também um rótulo de “Saldo”, que mostra quanto dinheiro o jogador possui para realizar a compra, um botão de “Limpar”, que remove todos os itens do carrinho e um botão de “Pagar”, que direciona o jogador para a tela de pagamento, desde que o valor total da compra seja menor ou igual ao saldo possuído.

Ao clicar no botão do canto superior direito, é possível acessar a lista de compras que foi gerada na cozinha. A lista apresenta os ingredientes que faltam para a preparação da receita pedida pelo cliente e é mostrada na Figura 20.

Figura 20 – Lista de compras



Fonte: Autoria própria

A tela de pagamento pode ser observada na figura abaixo:

Figura 21 – Tela de Pagamento



Fonte: Autoria própria

Essa tela foi estruturada para ter o formato de uma carteira. Na parte da esquerda, é apresentado o saldo do usuário, com a decomposição correspondente em moeda e notas de real. A parte da direita apresenta três campos de texto e dois botões. O primeiro campo de texto mostra o valor selecionado pelo jogador para pagar

a compra, o segundo exibe o valor total da compra e o terceiro mostra o troco que será retornado.

O objetivo do jogador nesta tela é selecionar, entre as notas que ele possui, um conjunto de notas que some um valor igual ou maior que o valor total da compra, que gerará uma quantia de troco caso seja escolhido um valor maior. Para selecionar uma nota ou moeda, o jogador deve clicar sobre elas, escolhendo o valor desejado. Com essa ação, o saldo é diminuído da quantia selecionada, aumentando-se o valor indicado pelo rótulo de pagamento.

Caso o jogador deseje retornar uma das notas para o seu saldo, deve clicar no botão “Desfazer”, que desfaz a última ação realizada. Novos cliques neste mesmo botão reverterão, uma a uma, as ações do usuário, até que se retorne ao estado inicial desta tela. Ao atingir um valor igual ou maior que o total da compra, o jogador pode clicar no botão “Comprar”, para finalizar a compra e adquirir os itens escolhidos na tela de mercado.

Durante as reuniões com os professores para a concepção do projeto, foi discutido que é importante que os alunos saibam que podem utilizar a calculadora com ferramenta auxiliar na execução de operações matemáticas. Como a tela de pagamento tem a maior concentração de exercícios de matemática do jogo, julgou-se interessante colocar a calculadora neste momento do jogo. Dessa forma, o jogador pode usar a ferramenta para fazer operações com os valores apresentados na tela, de forma livre, ou guiada por um professor ou responsável que esteja acompanhando o aluno ao jogar.

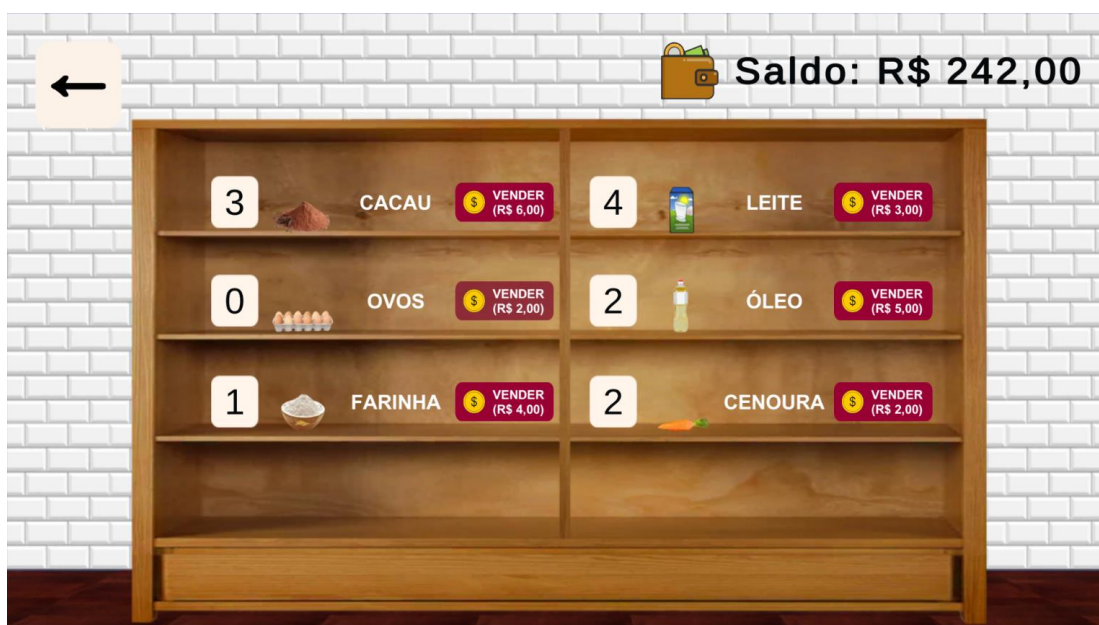
Figura 22 – Calculadora acessada da carteira



Fonte: Autoria própria

A qualquer momento do jogo, o jogador pode conferir a quantidade de ingredientes que possui na tela da despensa, exibida na Figura 23. Todos os itens que podem ser adquiridos no mercado são mostrados nessa parte do jogo e podem ser vendidos para que o jogador recupere dinheiro em seu saldo, caso tenha comprado ingredientes desnecessários e não tenha mais saldo suficiente para comprar os itens corretos para realizar os pedidos dos clientes.

Figura 23 – Tela da despensa



Fonte: Autoria própria

8.2 VERSÃO FINAL DO JOGO

Neste tópico, será apresentada a versão final do jogo, que possui a mesma estrutura de cenas e atividades implementadas na primeira versão, mas foi customizada para uma aluna da Escola de Aplicação nas etapas do Design Participativo realizadas após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

O contexto do jogo escolhido como exemplo de aplicação do arcabouço descrito no item 6.2 manteve sua validade, uma vez que a aluna participante relatou gostar muito de sair para fazer compras e ter o hábito fazer bolos com sua família. A mãe da participante também contou que o uso do dinheiro para pagar as compras,

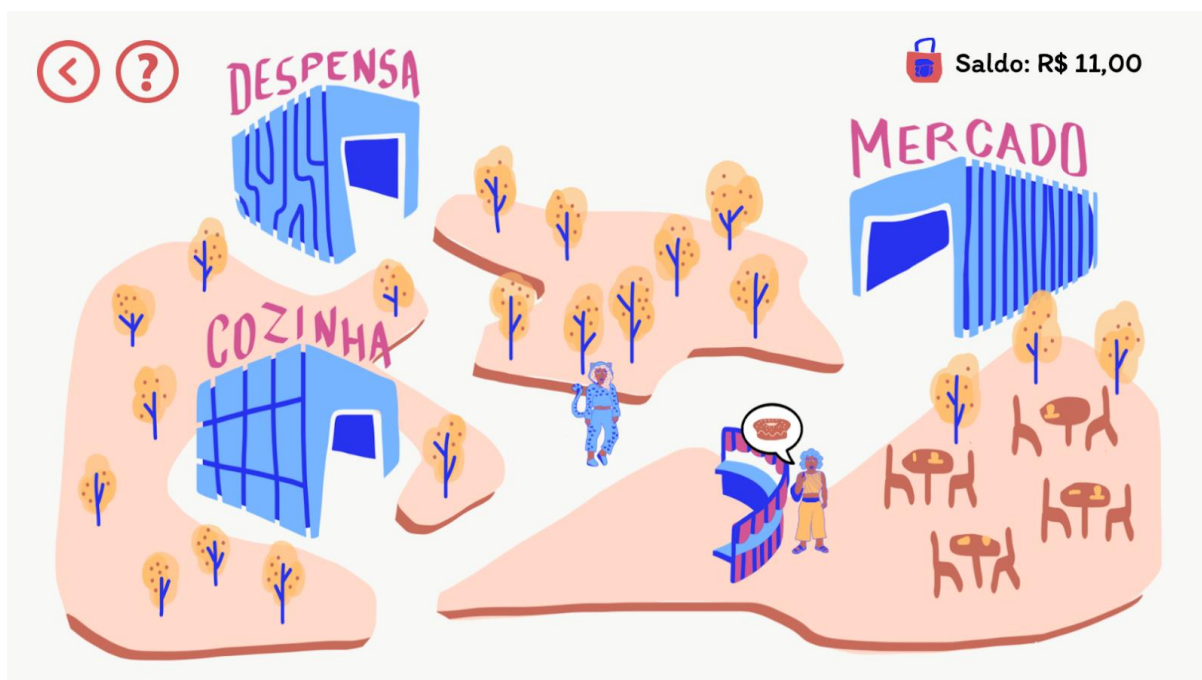
sabendo julgar se a quantia é suficiente e qual deveria ser o troco recebido, ainda era um desafio que estava sendo trabalhado.

A seguir, serão destacadas quais foram as melhorias de projeto em relação à primeira versão do jogo e como os elementos que foram incorporados ao *layout* se relacionam com os insumos obtidos no Design Participativo.

Para o cenário principal, que ainda tinha alguns mecanismos em aberto na primeira versão, trocou-se a mecânica da movimentação dos personagens. Ao longo do desenvolvimento, concluiu-se que não era necessário que houvesse um controle de jogo para conduzir o personagem entre as cenas, uma vez que o cenário não era muito extenso. Ao invés disso, optou-se por permitir que o jogador clique no ambiente que deseja ir, o que faz com que o personagem se mova automaticamente até aquele espaço.

As cores do cenário principal foram alteradas seguindo as preferências da aluna, que também escolheu as roupas que a personagem estaria vestindo. A pedido da mãe, as personagens do jogo foram representadas por pessoas negras, visando proporcionar uma sensação de representatividade e identidade da aluna com o jogo. Trocou-se também o símbolo que representava o saldo, de uma carteira para uma bolsa, similar à que a estudante usava para fazer compras no mercado. A aluna também escolheu que tivessem mesas e cadeiras no cenário, e foram colocadas algumas árvores nos caminhos entre os ambientes para remeter ao caminho que a estudante relatou gostar de fazer até o mercado próximo de sua casa.

Figura 24 - Cenário principal atualizado para a segunda versão de jogo



Fonte: Design por Gabriela Momberg

A tela da despensa foi redesenhada para harmonizar com o novo estilo de jogo. Também foram reelaborados cada um dos ingredientes. Para a caixa de leite, foi adicionada uma referência ao trecho “leite bom para gente ruim”, da canção “Morte do Leiteiro”, do Carlos Drummond de Andrade. Durante as dinâmicas, a aluna contou que sua família brincava com essa referência toda vez que saíam para comprar leite.

Figura 25 - Tela da despensa atualizada para a segunda versão de jogo



Fonte: Design por Gabriela Momberg

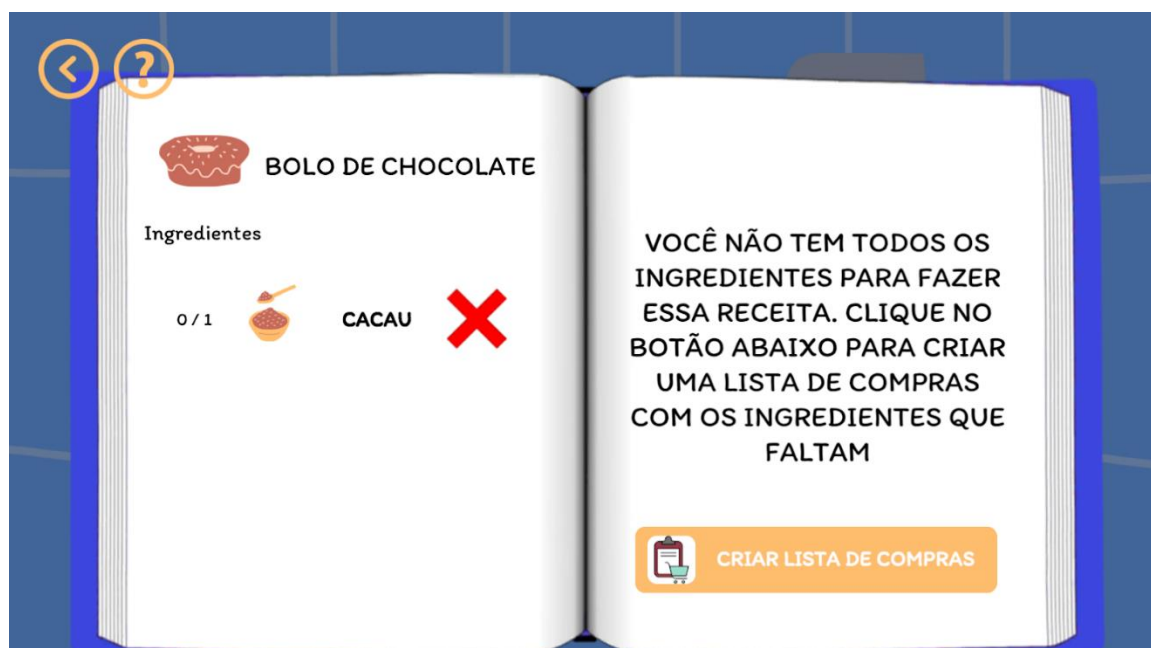
Também foi adicionado um plano de fundo para a cozinha, contendo os utensílios que a aluna relatou utilizar em sua casa, mostrado na Figura 26. As cores do fogão e da batedeira foram escolhidas pela estudante durante a atividade de desenho guiado. O primeiro plano, com o livro de receitas, foi ajustado conforme as fontes e cores da nova versão do jogo, como mostrado na Figura 27.

Figura 26 - Plano de fundo da tela da cozinha para a segunda versão do jogo



Fonte: *Design* por Gabriela Momberg

Figura 27 - Primeiro plano da tela da cozinha para a segunda versão do jogo



Fonte: Autoria própria

Para o mercado, além dos ajustes de cores do primeiro plano, apresentados na Figura 28, adicionou-se um plano de fundo com estantes semelhantes às de uma loja, posicionando em cima delas os produtos que a aluna costumava identificar quando saía para fazer compras. A nova versão do plano de fundo está mostrada na Figura 29.

Figura 28 - Primeiro plano da tela de mercado para a segunda versão do jogo



Fonte: Autoria própria

Figura 29 - Plano de fundo para a tela de mercado da segunda versão do jogo



Fonte: *Design* por Gabriela Momberg

Para redesenhar o fluxo do pagamento da compra do mercado, buscou-se fazer referência à bolsa utilizada pela aluna quando ia às compras, cujo desenho está exposto na Figura 30.

Figura 30 - Transição para a tela de pagamento da segunda versão do jogo



Fonte: *Design* por Gabriela Momberg

Então, foi feita uma transição entre a cena anterior até a cena do pagamento, na qual se tentou dar ao jogador a impressão de estar entrando na bolsa para pegar o dinheiro. A animação termina na tela de pagamento, que tem seu novo *design* mostrado na Figura 31.

Figura 31 - Tela de pagamento para a segunda versão do jogo



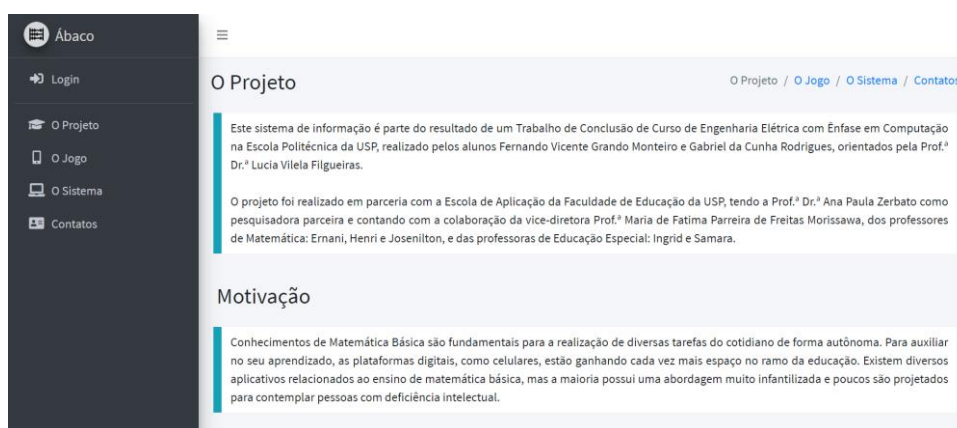
Fonte: *Design* adaptado de Gabriela Momberg

Além da atualização dos *layouts*, para a nova versão do jogo, foi adicionada uma música tema, de composição própria do grupo, baseada nos gêneros de *k-pop* e *funk carioca*, de acordo com as bandas e cantores preferidos da aluna. Também foram adicionados sons para os cliques nos botões, barulhos metálicos e de papel para a seleção de moedas e notas de dinheiro na cena de pagamento, um som de “vitória” para a entrega do bolo no cenário principal, entre outros efeitos sonoros.

8.3 PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO

A plataforma que será utilizada pelos professores para acompanhar a frequência de uso e o desempenho dos alunos no jogo, desenvolvida a partir da especificação do item 6.3 e das ferramentas definidas no item 7.2, foi nomeada de Sistema Ábaco e está hospedada no endereço <https://abacus-admin.herokuapp.com/>. Ao entrar na página do sistema, são exibidas as informações básicas sobre o projeto, o jogo e o sistema desenvolvido, assim como o contato dos pesquisadores, como mostram as figuras a seguir:

Figura 32 – Parte das informações básicas sobre o projeto exibidas na página inicial de acesso público do Sistema Ábaco



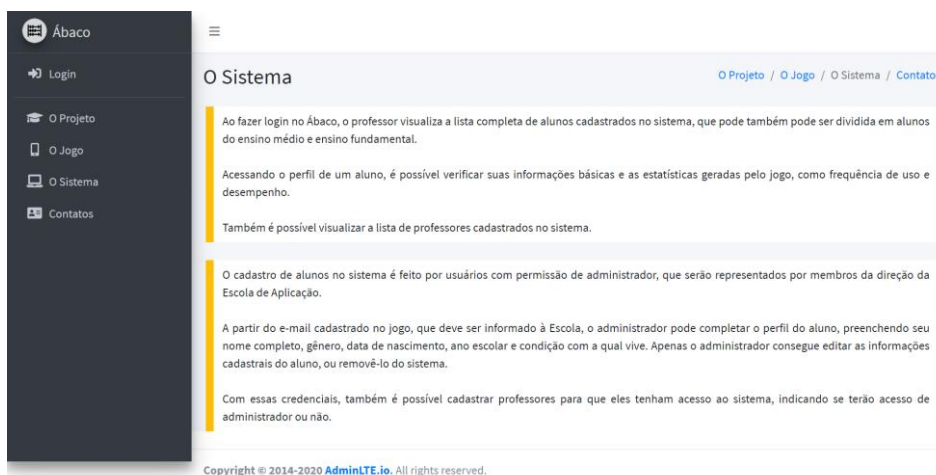
Fonte: Autoria própria

Figura 33 – Página de informações básicas sobre o jogo desenvolvido



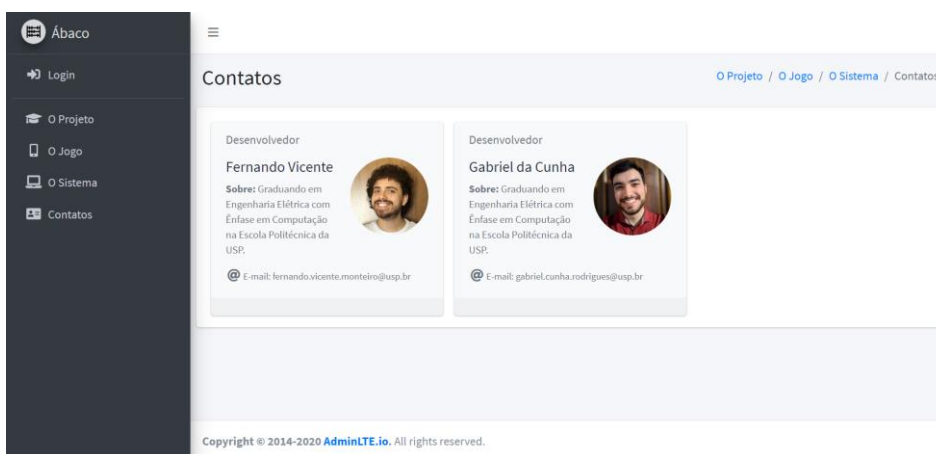
Fonte: Autoria própria

Figura 34 – Página de informações básicas sobre Sistema Ábaco

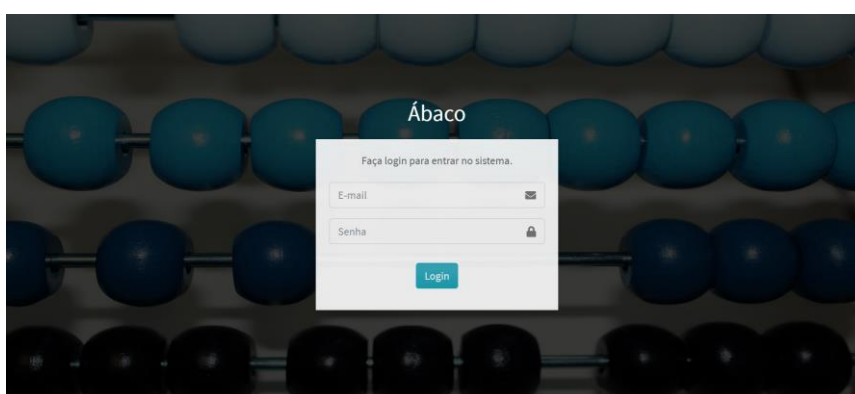


Fonte: Autoria própria

Figura 35 – Página de contatos dos desenvolvedores



Fonte: Autoria própria

Figura 36 – Tela de *login* da plataforma

Fonte: Autoria própria

Ao fazer *login* no sistema, as páginas anteriormente dispostas são reunidas em uma seção expansível “Sobre”, abrindo espaço para outras funcionalidades do sistema estarem em evidência no *menu*. O sistema possui dois tipos de usuário: Professor e Administrador, com diferentes permissões de acesso, conforme descrito no item 6.3. A página inicial, para ambos os perfis, exibe a relação completa de alunos cadastrados no sistema na forma de uma tabela dinâmica, que pode ser ordenada de acordo com as informações de cada coluna, ou filtrada automaticamente pelo campo de busca. Os dados de estudantes aqui exibidos são fictícios, para fins de demonstração.

Figura 37 – Página inicial do sistema acessado por um Administrador

Olá, Administrador!

Todos os estudantes

Mostrar 10 estudantes Pesquisar:

Nome	E-mail	Ano	Idade	Condição
Fernando Carvalho	fernando@email.com	2º ano	17	Não informada
Gabriel Fernandes	gabriel@email.com	3º ano	18	TEA
Joana Silva	joana@jogadora.com	1º ano	17	Síndrome de Down
José Santos	jose@jogador.com	9º ano	15	DI Moderada
Laura Pereira	laura@jogadora.com	2º ano	20	DI Leve
Letícia Rodrigues	jogodosgatos@emails.com	8º ano	19	Deficiência Intelectual

Mostrando de 1 a 6 entre 6 estudantes. Anterior 1 Próxima

Fonte: Autoria própria

A relação de alunos também pode ser exibida somente para alunos do Ensino Fundamental ou Ensino Médio, na seção de Estudantes. Somente usuários administradores podem visualizar e ter acesso à funcionalidade de cadastrar novos estudantes no sistema, cujo formulário está exibido na Figura 38. Nele, o administrador deve preencher o e-mail cadastrado no jogo pelo estudante, que deve ser informado previamente à Escola e, em seguida, completar as informações básicas relacionadas ao aluno. O sistema consulta o banco de dados Realtime Database, compartilhado com o jogo, verificando se há um jogador cadastrado pelo e-mail fornecido e validando se já não há outro aluno cadastrado no banco de dados PostgreSQL, atrelado ao mesmo e-mail.

Figura 38 – Formulário de cadastro de estudante no Sistema Ábaco

The image shows a web interface for registering a student. On the left is a dark sidebar with the logo 'Ábaco' and the text 'Olá, Administrador!'. Below this are menu items: 'Sobre', 'Estudantes' (selected), 'Cadastrar', 'Ensino Fundamental', 'Ensino Médio', 'Todos os estudantes', 'Professores', 'Trocar senha', and 'Sair'. The main content area is titled 'Cadastrar estudante' and contains a form with the following fields: 'E-mail cadastrado no jogo:' (text input), 'Nome:' (text input), 'Gênero:' (dropdown menu with 'Não informado' selected), 'Data de nascimento:' (three dropdown menus for day, month, and year, with values 1, Janeiro, and 1990), 'Grau:' (dropdown menu with 'Ensino Fundamental' selected), 'Ano:' (dropdown menu with '6º ano' selected), and 'Condição com a qual vive:' (text input). A blue 'Cadastrar' button is at the bottom right of the form.

Fonte: Autoria própria

Atendendo as condições descritas, o sistema cria um aluno no banco de dados PostgreSQL, com o e-mail utilizado para consultar o jogador associado no Realtime Database e gerar os dados de jogo, exibidos ao lado das informações básicas na Figura 39. Esses dados podem ser gerados diretamente pelos parâmetros associados ao jogador no banco de dados compartilhado com o jogo, ou utilizados como entrada para calcular estatísticas mais complexas. Também há a opção de atualizá-los, recarregando a página para uma nova consulta. Devido às limitações de cronograma da equipe, foram implementados apenas os dados de criação de usuário e última jogada realizada pelo aluno.

O perfil do aluno pode ser visualizado por ambos os usuários do Sistema Ábaco, mas somente o perfil de Administrador é capaz de editar informações cadastradas, ou remover o estudante do sistema. Assim, na exibição de um usuário com permissões de Professor, os respectivos botões dessas funções não são exibidos.

Figura 39 – Visualização do perfil de uma estudante no Sistema Ábaco

The screenshot shows the user profile for Laura Pereira. The interface includes a dark sidebar with navigation options like 'Sobre', 'Estudantes', 'Professores', 'Trocar senha', and 'Sair'. The main content area is titled 'Laura Pereira' and contains two panels: 'Informações básicas' and 'Dados do jogo'. The 'Informações básicas' panel lists details such as email, gender, age, birthday, school year, and condition. The 'Dados do jogo' panel shows the user creation date and the last game date, with an 'Atualizar' button below.

Informações básicas	
E-mail	laura@jogadora.com
Gênero	Feminino
Idade	18 anos
Aniversário	15 de Agosto de 2002
Ano escolar	2º ano do Ensino Fundamental
Condição	DI Leve

Dados do jogo	
Criação de usuário	04/12/2020 às 14:34
Última jogada	04/12/2020 às 18:17

Fonte: Autoria própria

Na seção de Professores, é possível ver a lista de todos os professores e administradores cadastrados no sistema, assim como acessar suas informações básicas. Apenas administradores podem editar informações de outros perfis, removê-los, ou cadastrar novos usuários no sistema, indicando se devem ter permissões de administrador ou não. Ao preencher o cadastro, os administradores fornecem uma senha provisória, que é informada ao professor e deve ser trocada após seu primeiro acesso no Ábaco.

Figura 40 – Lista de professores cadastrados no Sistema Ábaco

The screenshot displays the 'Professores cadastrados' page. It features a sidebar with navigation options including 'Cadastrar', 'Lista de professores', 'Trocar senha', and 'Sair'. The main content area shows a list of teachers with columns for 'Nome', 'Disciplina', and 'E-mail'. The list is filtered to show 10 teachers, and there is a search bar at the top right.

Nome	Disciplina	E-mail
Samara da Costa	Educação Especial	samara@professora.com
Maria de Fátima Morissawa	Vice-direção	fatima@direcao.com
Josenilton de Franca	Matemática	josenilton@professor.com
Ingrid Lopes	Educação Especial	ingrid@professora.com
Henri da Silva	Matemática	henri@professor.com
Ernani de Moraes	Matemática	ernani@professor.com
Ana Paula Zerbato	Educação Comparada	anapaula@email.com

Fonte: Autoria própria

Figura 41 – Formulário de cadastro de professores no Sistema Ábaco

Ábaco

Olá, Administrador!

Sobre <

Estudantes <

Professores <

Trocar senha

Sair

Cadastrar professor

Preencha os dados:

Nome:

Sobrenome:

Disciplina:

E-mail:

É administrador?

Não ▾

Senha provisória:

Repita a senha:

Cadastrar

Fonte: Autoria própria

Figura 42 – Perfil de uma usuária administradora do Sistema Ábaco

Ábaco

Olá, Administrador!

Sobre <

Estudantes <

Professores <

Trocar senha

Sair

Maria de Fátima Morissawa

[Lista de professores](#) / [Ver professor](#)

Detalher do perfil

Disciplina	Vice-direção
E-mail	fatima@direcao.com
Administrador(a)?	Sim

Editar Excluir

Fonte: Autoria própria

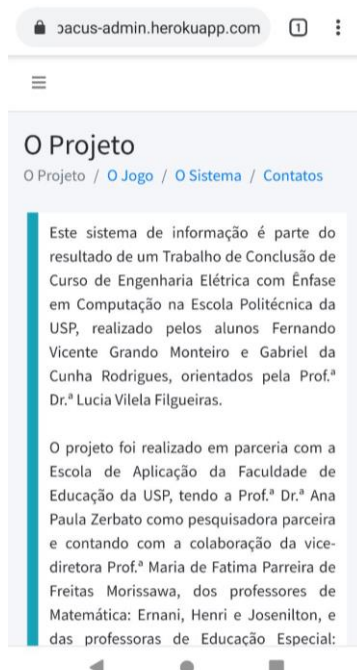
Figura 43 – Página de troca de senha provisória no Sistema Ábaco



Fonte: Autoria própria

Por fim, é válido ressaltar que o sistema foi desenvolvido com um conjunto de ferramentas que facilita a responsividade de telas, podendo ser utilizado em aparelhos móveis sem prejuízo de funcionalidades:

Figura 44 – Tela do Sistema Ábaco acessado de um celular



Fonte: Autoria própria

9 TESTES E AVALIAÇÃO

Para validar a implementação do projeto e buscar melhorias no jogo, foram realizadas algumas interações ao longo do processo de desenvolvimento que permitiram a avaliação da ferramenta criada. Para sua primeira versão, apresentada na seção 8.1, foram realizadas duas reuniões de validação, enunciadas na seção 3.4.1. Já para a versão customizada, descrita na seção 8.2, realizou-se uma atividade de Teste de Usabilidade com a aluna da Escola de Aplicação que participou da pesquisa. Nos itens a seguir, serão apresentadas as conclusões relativas a cada uma dessas interações, que avaliaram o cumprimento do objetivo de apoiar o ensino de Matemática Básica e analisaram o jogo sob os parâmetros de Jogabilidade e Diversão descritos na seção 2.

9.1 PRIMEIRA VERSÃO DO JOGO

9.1.1 Avaliação geral

Durante a primeira reunião de validação, realizada com professores de Matemática e de Educação Especial da Escola de Aplicação, foi apresentado todo o fluxo do jogo elaborado e, em seguida, cada ambiente foi retomado individualmente para que se pudesse discuti-los com maior profundidade. Os ambientes de jogo que geraram discussões mais extensas foram o cenário principal e o pagamento do mercado, representado pelo interior de uma carteira. Ao final da reunião, também foram debatidos aspectos gerais do jogo, como a clareza dos elementos apresentados, o grau de dificuldade das atividades propostas e a possibilidade de progressão do jogador.

Por concentrar a maior quantidade de raciocínio matemático de todo o jogo, além de tratar da temática do dinheiro, avaliada pelos professores como ponto importante no desenvolvimento da autonomia do aluno, a tela de pagamento foi bastante discutida ao longo da reunião.

A primeira sugestão foi inserir uma animação que mostrasse a seleção da nota quando o jogador faz o clique, ideia que está diretamente relacionada a um dos conceitos de jogabilidade, que diz que as ações tomadas pelo jogador devem mostrar um retorno. Então, montou-se uma animação que mostrava a nota, assim que

selecionada, deslocando-se desde sua posição inicial até o rótulo que indicava o valor acumulado como pagamento até o momento. Com isso, esperava-se reforçar a ideia de que o jogador esteja entregando notas para o caixa do mercado. A animação no sentido contrário também foi elaborada para o ato de desfazer a seleção de um valor em dinheiro.

Pelo conteúdo de matemática presente nesta cena, os professores sugeriram que o jogador poderia utilizar a calculadora neste momento, recurso que já havia sido criado, mas não estava bem contextualizado no fluxo do jogo. A calculadora possibilitaria que o aluno fizesse operações, não só para calcular o troco da compra, mas também para avaliar quantas notas de cada tipo deveriam ser selecionadas para o pagamento.

Debateu-se também a utilização do sinal de multiplicação na indicação da quantidade de notas de cada tipo na composição do saldo do jogador. O ponto levantado foi de que o sinal poderia confundir o aluno na hora de analisar os vários elementos presentes na cena. Ainda assim, chegou-se ao consenso de manter sua utilização, para estimular a associação de que, para o cálculo do saldo, é necessário multiplicar a quantidade de notas de cada tipo pelo seu valor correspondente.

Outra sugestão dada para este ambiente estava relacionada com a ordem dos rótulos, que indicavam respectivamente o valor total da compra, o dinheiro selecionado como pagamento e o troco. Os professores propuseram dispor esses rótulos na estrutura de uma operação de subtração, uma vez que o troco é obtido subtraindo-se o total da compra do valor do pagamento selecionado. Por meio dessa reordenação, também se esperava estimular a associação da operação como método para o cálculo de troco, aplicando-a mesmo fora do ambiente de jogo.

Ainda na tela de pagamento, uma crítica apontada foi a falta de incentivo para que o jogador escolhesse o valor em dinheiro mais aproximado possível do total da compra, já que o jogo sinalizava quando o dinheiro acumulado é insuficiente para concluir a compra, além de calcular o troco de forma automática. Tal fato poderia acabar facilitando excessivamente a jogabilidade e diminuindo o potencial didático da atividade. Uma primeira solução apontada, que não se conseguiu implementar no âmbito deste trabalho por demandar uma grande mudança na estrutura de jogo, foi a apresentação de desafios ao jogador, como selecionar o menor número de notas possíveis para realizar o pagamento, ou selecionar um conjunto de notas que não gerassem troco. Outra solução, relacionada a esta, seria o jogador interagir com o

jogo na presença de um professor, que poderia propor tais desafios à medida que julgasse interessante.

Para o cenário principal, que ainda não estava totalmente definido até o momento da reunião, observou-se uma dificuldade na identificação da ordem de acesso aos ambientes de jogo que deveria ser seguida pelo jogador para completar a venda do bolo. Prezando-se por dar liberdade para o jogador montar sua própria estratégia e interagir de forma livre com cada um dos ambientes, tentou-se não guiar totalmente o fluxo do jogo em uma ordem pré-estabelecida. Mesmo assim, foram inseridas algumas dicas de ambientes que poderiam ser explorados conforme o progresso do jogador, para evitar entraves no momento do jogo, atendendo-se um dos pontos de Jogabilidade elencados no item 2.3.2.

Também foi ressaltada possível dificuldade na identificação do contexto e objetivo do jogo. Isso foi contornado pela elaboração da animação de uma cliente entrando em cena e fazendo o pedido de um bolo, esclarecendo já no início do jogo qual o objetivo a ser cumprido. Essa decisão vai ao encontro de um dos conceitos de Diversão elencados no item 2.3.3, que diz que o jogo deve ter um objetivo primordial e este deve ser esclarecido cedo no jogo.

No geral, os professores destacaram a clareza, simplicidade e atratividade da ferramenta elaborada. No entanto, foi questionado se os jogadores estariam familiarizados com o significado de algumas palavras. Conceitos como “saldo” e “despesa”, por mais que sejam palavras do cotidiano, tem uma aplicação consideravelmente restrita e poderiam não ser bem interpretadas de imediato. A sugestão dada foi inserir pequenas definições para cada um dos termos apresentados no jogo, que poderiam ser acessadas pelo jogador. Não houve tempo para esclarecer todas as palavras pontuadas por meio de tais dicas. No entanto, foram adicionados alguns botões de ajuda nos cenários do jogo, explicando a função de cada ambiente no fluxo de preparação da receita, esperando sanar algumas das dúvidas que poderiam surgir ao longo do jogo. Para melhorar a clareza e oferecer mais um reforço às ações do usuário, ressaltou-se a importância de adicionar elementos sonoros no jogo, o que ainda não havia sido implementado até o momento da reunião, mas foi incorporado à segunda versão do jogo.

Por último, discutiu-se sobre a progressão do jogo. No conceito de Diversão, é mencionado que o jogo deve dar recompensas ao jogador para estimular seu engajamento (FEDEROFF, 2002). Até o momento, a recompensa oferecida se

baseava no aumento do saldo, que permitiria que o jogador comprasse uma quantidade maior de ingredientes e fizesse receitas cada vez mais complexas. Entretanto, foi apontado que essa talvez não fosse uma maneira atrativa o suficiente para engajar o jogador. Sugeriu-se então que fossem incorporadas outras formas de recompensa, que poderiam ser o incremento de elementos no cenário, a conquista de equipamentos de cozinha mais potentes, ou vestimentas que incrementassem a aparência do personagem principal. A solução acabou não sendo incorporada ao jogo pela falta de tempo até a entrega do projeto, sendo uma melhoria a ser pensada fora do escopo deste trabalho.

9.1.2 Avaliação individualizada

Como relatado no item 3.4.1, após o primeiro contato com a aluna para quem o jogo foi customizado, a primeira versão do jogo passou por outra validação, desta vez com a psicopedagoga da participante da pesquisa, que a acompanhava exclusivamente na disciplina de Matemática e poderia ter um olhar individualizado sobre a adequação das atividades propostas.

A psicopedagoga contou aos pesquisadores algumas das atividades que ela executava com a aluna, que envolviam sequências numéricas, contagem e operações básicas. Durante as sessões, elas utilizavam ferramentas como a calculadora e o ábaco, além de fazer atividades que simulavam dinâmicas de compra e venda de produtos. Algumas das dificuldades relatadas por ela estavam relacionadas à capacidade de abstração, à realização de contas de multiplicação e divisão sem a utilização da calculadora, à compreensão de números maiores na casa dos milhares e ao entendimento do significado do troco em uma compra.

De maneira geral, a psicopedagoga julgou o jogo como uma ferramenta interessante para trabalhar com a participante da pesquisa, visto que tinha forte relação com as atividades já desenvolvidas. Ela também enfatizou a necessidade de uma progressão no jogo, começando com receitas que exigissem poucos ingredientes, que poderiam aumentar à medida que ela se familiarizasse com o jogo. Ainda assim, julgou que o grau de dificuldade apresentado estava condizente com as habilidades da estudante.

Ela também enfatizou a possibilidade de a ferramenta ser utilizada em forma de um exercício guiado, no qual um aluno jogaria acompanhado de um professor, que

faria perguntas e proporia desafios para enriquecer a experiência de jogo. Poderiam ser feitas perguntas como: “caso você adicione mais uma farinha ao seu carrinho de compras, qual será o total da compra atingido?”, ou “qual operação teria de ser feita para calcular o troco nesta situação de compra?”, entre outras possibilidades.

9.2 VERSÃO FINAL DO JOGO

Na Etapa 3 da metodologia de *design* participativo, foi executado um teste de usabilidade com a aluna da Escola de Aplicação. Conforme descrito no item 3.3.6, a dinâmica foi realizada com o auxílio de uma ferramenta de acesso remoto, que permitiu que a equipe visualizasse a interação da estudante com o jogo. A aluna foi acompanhada por sua irmã que, ainda que não tivesse tido contato prévio com a ferramenta, a auxiliou ao longo da atividade, dando sugestões das ações que ela acreditava serem possíveis de realizar em cada momento do fluxo de jogo. A seguir será feita uma análise de sua interação com a aplicação, levando em consideração o conteúdo de Matemática abordado e as definições para Diversão e Jogabilidade.

O primeiro ambiente acessado foi a cozinha. No primeiro contato, a irmã da aluna solicitou que ela lesse o texto apresentado no livro de receitas, que indicava se a quantidade de ingredientes era suficiente para aquela preparação. A aluna percorreu o texto com certa dificuldade, mostrando talvez que aquele informe estivesse um pouco extenso, contrariando a regra de negócio RN3, apresentada na seção 6.1 sobre a necessidade de utilizar uma linguagem simples. A aluna também demonstrou não compreender que a letra “X” sinalizava a falta de um ingrediente necessário para a preparação da receita. No entanto, foi capaz de interpretar corretamente o significado da lista de ingredientes e, mesmo com alguns erros do sistema em mostrar a quantidade correta de ingredientes, com o passar da dinâmica a jogadora demonstrava conseguir gerar listas de compras e preparar receitas com facilidade.

Desse ambiente, também é importante relatar que não foi claro para a aluna e sua irmã quando o bolo estava pronto. No fluxo elaborado, ao clicar no botão de preparar a receita, o bolo aparecia imediatamente na bandeja do personagem no cenário principal, o que era esperado que desse ao usuário um reforço da ação tomada, medida importante dentro do conceito de Jogabilidade. No entanto, o reforço acabou passando despercebido por quem estava jogando, mostrando que era

necessário ampliar esse retorno, talvez com uma animação de preparação do bolo dentro da tela da.

Durante o teste, a estudante também percorreu o fluxo de mercado. De início, sua irmã perguntou se ela conseguia dizer qual era seu saldo do jogo, mostrado por um rótulo na parte superior da tela, e ela soube identificá-lo corretamente, embora posteriormente tenha demonstrado ter dificuldade para dizer se o valor do saldo era suficiente para fazer a compra desejada, mesmo nos casos em que o saldo era consideravelmente superior que o valor a pagar. Durante a primeira interação com a tela, também não havia ficado claro qual botão que deveria ser pressionado para adicionar um item ao carrinho e a jogadora não notou que havia um botão para a lista de compras. Essas funcionalidades tiveram que ser apontadas para a aluna que, após interagir com elas uma primeira vez, passou a identificar os ingredientes na lista e selecioná-los dentre os produtos mostrados com bastante naturalidade, mesmo quando era preciso fazer compras com uma quantidade maior de ingredientes.

O fluxo seguinte era o pagamento da compra, onde o jogador deve selecionar notas dentro de sua carteira, até atingir o valor necessário para pagar pelos produtos escolhidos na tela anterior. Prontamente, a aluna identificou que os valores monetários apresentados virtualmente no jogo eram equivalentes às notas de real do mundo físico. Ela também identificou que as notas com aparência escurecida eram notas que não estavam disponíveis para seleção naquele momento. Quando perguntada, também soube identificar os rótulos de dinheiro acumulado, valor à pagar e troco, demonstrando entender seu significado, apesar de novamente ter mostrado certa dificuldade para identificar se um valor em dinheiro era maior do que o outro.

Nas primeiras vezes que passou por esse fluxo, a aluna foi auxiliada pela irmã, que sugeriu que ela usasse um kit de Material Dourado como recurso para fazer as contas do jogo de maneira concreta. A irmã tentava guiar a aluna para um conjunto de notas que gerasse o menor valor de troco. Ao interagir com a tela por si só, em um primeiro momento ela mostrou certa insegurança, constantemente voltando o olhar para a irmã. Mas, conforme fez outros pagamentos, começou a selecionar notas com uma certa independência, raciocinando para chegar no resultado desejado. Ela ainda usava o Material Dourado, que a ajudava a calcular o valor a ser pago, e por uma vez mostrou contar com os dedos. A calculadora acabou não sendo percebida de início e precisou ser sinalizada pelos pesquisadores. Quando indicada pela irmã, a aluna fez operações de cálculo de troco e contagem de notas usando essa ferramenta, mas

demonstrou estar mais habituada aos outros recursos, quando precisou fazer as contas sozinha.

O ambiente da despensa gerou uma certa confusão, tanto na aluna quanto em sua irmã. A estudante demonstrou entender que a despensa era o lugar onde deveriam ser guardados os ingredientes. No entanto, após realizar a compra no mercado, tentaram se direcionar à despensa para fazer a preparação do bolo, que na verdade deveria ser feita na cozinha. Isso gerou dúvidas na equipe de pesquisa quanto à clareza da função de cada ambiente para o jogador. Em todos os cenários foi posicionado um botão de ajuda, simbolizado por um ponto de interrogação, que abriria uma caixa de diálogo informando ao jogador o que deveria ser feito dentro daquele ambiente. Entretanto, o botão acabou não sendo acionado em nenhum momento.

Além dos botões de ajuda, pensando na definição de Jogabilidade que diz que “o jogador deve receber dicas de jogabilidade para evitar sua estagnação no jogo”, foram posicionadas algumas caixas de diálogo, que sugeriam o próximo ambiente que o jogador poderia acessar. A instrução não foi bem recebida, e a aluna fechava a janela de texto assim que ela aparecia, sem que houvesse tempo para ela ler a mensagem que estava sendo passada. Por outro lado, a dica apresentada no início do jogo, que escurecia parte do cenário e destacava a cozinha por meio de uma seta, foi prontamente interpretada pela estudante, que compreendeu que deveria clicar nos ambientes de jogo para levar o personagem até eles, movimentando-se com naturalidade entre dos ambientes de jogo. Adicionalmente, a animação do cliente se aproximando da bancada de pedidos, aliado ao balão de fala contendo um bolo se mostrou suficiente para que a jogadora compreendesse o objetivo primário do jogo, o que está alinhado com o conceito de Diversão que diz que deve “Existir um objetivo primordial que é apresentado cedo no jogo”.

Ao final da dinâmica, foram feitas algumas perguntas à aluna, visando avaliar o cumprimento dos critérios de Diversão e Jogabilidade. Durante essa finalização, a aluna mostrou bastante empolgação, e respondeu a todas as perguntas feitas com um sorriso no rosto, e relatando que tinha gostado do jogo e gostaria de jogá-lo novamente, o que valida uma das heurísticas de Caplan et al. (2004). As heurísticas também sugerem que “o jogador deve se interessar pelos personagens, seja por uma sensação de identificação, ou pelo personagem se mostrar interessante ou bem desenvolvido ao longo do jogo”. Ao ser questionada quais elementos mais agradaram,

a aluna destacou a roupa estampada com rostos de gato do personagem principal e a caixa de leite que fazia referência à canção de Carlos Drummond de Andrade “Morte do Leiteiro”. Ambos os elementos foram propostos pela própria estudante durante a segunda atividade de *design* participativo, e se mostraram efetivos para criar uma identidade com o jogo. Por fim, a aluna relatou também ter gostado da música escolhida para o jogo, e disse estar satisfeita com as escolhas feitas por ela que foram incorporadas ao jogo.

Depois da execução da etapa de testes, a mãe da aluna entrou em contato com a equipe de pesquisa para compartilhar suas impressões pela observação da filha jogando. Segundo seu relato, a filha ficou feliz ao mencionar a roupa da personagem e a referência à canção de Carlos Drummond de Andrade na caixa de leite, e aparentou ter gostado bastante do jogo. Ela também conta que, pela descontração proporcionada pelo jogo, a estudante se mostrava mais à vontade para fazer contas matemáticas que não costumava conseguir fazer no dia a dia.

9.3 PLATAFORMA DE ACOMPANHAMENTO

Com o foco do *design* participativo centrado no jogo, não foi possível desenvolver a plataforma de acompanhamento dos professores com o mesmo nível de interação para validar o que foi implementado e fazer os ajustes necessários. No entanto, o Sistema Ábaco foi testado pela Prof.^a Ana Paula Zerbato, que esteve em contato frequente com o grupo de pesquisa ao longo de toda a parceria com a Escola de Aplicação.

Em sua avaliação, ressaltou a qualidade de navegação do Sistema Ábaco, em especial a disposição flexível das páginas informativas, que podem ser acessadas tanto verticalmente, pelo menu lateral, quando horizontalmente, através dos *links* no próprio corpo da página. Tal fato indica a aderência do sistema aos requisitos de portabilidade e usabilidade, definidos na especificação do item 6.3.

Ela também sugeriu alterações nas informações básicas do cadastro de alunos, como a adição de habilidades e interesses de cada estudante, que auxiliariam na customização de novas versões do jogo. Para o cadastro de professores, ela sugeriu acrescentar a informação de etapa de ensino de cada docente, ou seja, identificar se o professor dá aula para os Anos Finais do Ensino Fundamental, ou para o Ensino Médio, entre outras correções relacionadas a termos utilizados na plataforma.

Por fim, a professora destacou a oportunidade de melhoria do Sistema Ábaco para ser mais acessível também para professores com deficiência. Como exemplo, destacou os recursos de alto contraste, aumento de fontes e descrição de imagens, que se adequariam ao uso de um professor com baixa visão.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seguir, serão apresentadas as considerações finais do projeto, com o balanço do que foi feito, as indicações das contribuições do grupo de pesquisa e as perspectivas futuras de continuidade.

10.1 CONCLUSÕES DO PROJETO DE FORMATURA

Ao longo do projeto, por meio de uma parceria com professores de Matemática e Educação Especial da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP, foi elaborada a estrutura de um jogo que abordasse conceitos de Matemática Básica. Aplicando uma metodologia de *design* participativo, essa estrutura foi personalizada de acordo com os gostos e interesses de uma aluna da escola. Em paralelo, foi construída uma plataforma de acompanhamento para os professores, onde eles podem acessar dados de jogo de um aluno, além de poderem cadastrar informações adicionais relativas ao estudante.

Devido ao tempo que foi despendido para viabilizar a aplicação de dinâmicas de *design* participativo, que envolveu desde a busca de uma instituição parceira até a submissão do projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa, algumas das tarefas propostas acabaram não sendo executadas. Para o jogo desenvolvido, não foi possível implementar e validar alguns dos requisitos de sistema listados na seção 6.1. Para a plataforma de acompanhamento, os pesquisadores gostariam de ter aprofundado a coleta e análise estatística dos dados de jogo.

10.2 CONTRIBUIÇÕES

A estrutura de jogo desenvolvida em forma de arcabouço, construída como uma ferramenta de apoio ao ensino de Matemática Básica, foi idealizada pelos pesquisadores em parceria com os professores da Escola de Aplicação. Os *designs* iniciais foram construídos pelos pesquisadores para a primeira versão do projeto. Já na segunda versão, os desenhos utilizados foram feitos pela *designer* Gabriela Momberg, que participou de algumas etapas de *design* participativo junto à equipe de pesquisa.

No momento da finalização deste documento, o jogo desenvolvido já está sendo usado pela aluna envolvida no processo de *design* participativo e sua família relatou o impacto positivo do jogo na aluna, ao abordar atividades matemáticas análogas às que já desenvolve em outros contextos de uma forma mais descontraída, que tem estimulado o sucesso dos cálculos envolvidos.

Vale também destacar a dificuldade de se encontrar na literatura metodologias de *design* estruturadas para poderem ser aplicadas de forma remota. Dessa maneira, espera-se que este trabalho também possa contribuir como um exemplo de estruturação e aplicação para pesquisadores buscando uma referência de metodologia de *design* participativo nesses moldes.

10.3 PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

Espera-se que, no futuro, a partir da parceria firmada entre os alunos da Escola Politécnica e os professores da Escola de Aplicação, outros projetos possam usufruir desse contato, a fim de promover trabalhos multidisciplinares.

Aproveitando a estrutura de arcabouço elaborada ao longo do projeto, espera-se que, futuramente, novos ciclos de *design* participativo sejam aplicados, dando origem a novas versões customizadas do jogo, baseadas na individualidade de outros alunos.

Para o jogo desenvolvido, melhorias identificadas ao longo das etapas de teste e avaliação poderiam ser implementadas. As dicas apresentadas poderiam ser incrementadas, visando melhorar a experiência de jogo. Outras animações também poderiam ser incluídas para aumentar a coerência e a atratividade da ferramenta. Além disso, seria interessante trabalhar elementos de progressão para estimular um fluxo de jogo contínuo e investir na implementação e validação dos requisitos de acessibilidade que acabaram sendo descontinuados pela complexidade de implementação e falta de tempo.

Pensando na plataforma de acompanhamento dos professores, os dados de desempenho e estatísticas do jogador poderiam abranger um número maior de fluxos de jogo e serem melhor trabalhados para avaliar o aprendizado do aluno e sua evolução ao longo do jogo. Outra ideia que poderia ser implementada, aprimorando a capacidade do jogo em se adaptar à individualidade de diferentes alunos, é permitir

que o próprio professor crie as receitas que são passadas para o aluno no jogo, adaptando a quantidade de ingredientes às habilidades de cada um.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. A. O. DE; PAGAN, M. A.; COELHO, W. L. P. **Currículo Paulista**. 2019.

AMERICAN PSYCHIATRY ASSOCIATION. Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. **DSM-5**. Porto Alegre: Artmed, 2014.

BORGES, L. C. L. DE F. **PD4CAT: método de design participativo para desenvolvimento customizado de alta tecnologia assistiva**. 2014.

BOWERS, C.; OLSEN, T.; PROCCI K. Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice: First International Conference, DUXU 2011. **Serious Games Usability Testing: How to Ensure Proper Usability, Playability, and Effectiveness**. Orlando: Estados Unidos da América, 2011. p. 625-634.

CAPLAN, M.; DESURVIRE, H.; TOTH, J. A. Late Breaking Results Paper. **Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games**. Viena: Áustria, 2004. p. 1509-1512.

CARMO, J. S. Aprendizagem de conceitos matemáticos em pessoas com Deficiência Intelectual. **Revista de Deficiência Intelectual**, v. 3, 2012.

CURI, M.; BARRENCE, A. **Startup Landscape in the New Normal**. Google for Startups, 2020.

DA COSTA, A. B.; PICHARILLO, A. D. M.; ELIAS, N. C. Habilidades matemáticas em pessoas com deficiência intelectual: Um olhar sobre os estudos experimentais. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 22, n. 1, p. 145-160, 2016.

DIAS, S. S.; OLIVEIRA, M. C. S. L. Deficiência intelectual na perspectiva histórico-cultural: contribuições ao estudo do desenvolvimento adulto. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 19, n. 2, p. 169-182, 2013.

EAFEUSP, **Plano Escolar 2020**. Disponível em: <http://www3.ea.fe.usp.br/wp-content/uploads/2020/05/Plano-Escolar-2020.pdf>. Acesso em 18 de out. de 2020.

ELLIS, B. et al. **Game accessibility guidelines**. Disponível em: <http://gameaccessibilityguidelines.com/full-list/>. Acesso em: 8 de jun. de 2020.

FEDEROFF, M. A. **Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games**. 2002.

FIGURA DO JOGO DE MATEMÁTICA DA RV APPSTUDIOS. Disponível em: <https://www.rvappstudios.com/math-kids-47.html>. Acesso em: 25/11/2020.

FIGURA DO JOGO MILLIE MOREORLESS DA ENABLING PLAY. Disponível em: <https://www.educationalappstore.com/app/millie-moreorless>. Acesso em: 25/11/2020.

FIGURA DO JOGO DE MATEMÁTICA DA GODLINE STUDIOS. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=godlinestudios.MathGames>. Acesso em: 25/11/2020.

FIGURA DO JOGO COOKING DIARY DA MYTONA. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mytona.cookingdiary.android>. Acesso em: 25/11/2020.

FIGURA DO JOGO OVERCOOKED DA GHOST TOWN GAMES LTDA. Disponível em: <https://store.steampowered.com/app/448510/Overcooked>. Acesso em: 25/11/2020.

FRAUENBERGER, C.; MAKHAEVA, J.; SPIEL, K. **Blending Methods: Developing Participatory Design Sessions for Autistic Children**. p. 39–49, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. População residente, por tipo de deficiência permanente, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9748&t=destaques>. Acesso em: 23 jun. 2020.

KARPOVA, A.; CULÉN, A. L. Challenges in designing an app for a special education class. **Proceedings of the IADIS International Conferences - Interfaces and Human Computer Interaction 2013, IHCI 2013 and Game and Entertainment Technologies 2013, GET 2013**, p. 95–102, 2013.

MATA, A. S. Deficiência intelectual: análise da produção científica com base no modelo biomédico e modelo social da deficiência. **Filos. e Educ.**, Campinas, SP, v.10, n.2, p. 350-378, maio/ago. 2018.

SANTOS, R. F.; CASTRO, M. **Resolução Nº 510, de 07 de abril de 2016**. *In*: DOU nº 98, seção 1, p. 44-46. 24 de maio de 2016. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>. Acesso em: 21 out. 2020.

SCHELL, J. **The Art of Game Design: A Book of Lenses**. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann, 2008.

SME/DOT - Secretaria Municipal de Educação/Diretoria de Orientação Técnica. **Referencial sobre Avaliação da Aprendizagem na Área da Deficiência Intelectual É Ciclo II do Ensino Fundamental e da Educação de Jovens e Adultos**. 2012.

SPIEL, K. et al. Participatory evaluation with autistic children. *In*: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS. **Proceedings** [...], v. 2017- May, p. 5755–5766, 2017.

SUMUAL, H.; BATMETAN, J. R.; KAMBEY, M. Design Sprint Methods for Developing Mobile Learning Application. **KnE Social Sciences**, v. 3, n. 12, p. 394–407, 2019.

WOLBRING, G. Last word: The UN convention on the rights of persons with disabilities. **Development (Basingstoke)**, v. 49, n. 4, p. 158–160, 2006.

APÊNDICE A É Projeto submetido ao CEP

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Desenvolvimento de um jogo de apoio ao ensino de matemática básica para
alunos com deficiência intelectual**

FINALIDADE DO PROJETO

Trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia Elétrica com Ênfase
em Computação

PESQUISADORES GRADUANDOS

Fernando Vicente Grando Monteiro

Gabriel da Cunha Rodrigues

ORIENTADORA

Prof.^a Dr.^a Lucia Vilela Leite Filgueiras

PESQUISADORA PARCEIRA

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Zerbato

São Paulo

2020

RESUMO

As plataformas digitais, como computadores, *tablets* e celulares estão ganhando cada vez mais espaço no ramo da educação. Existem diversas aplicações voltadas ao ensino de competências básicas, mas poucas entre elas são projetadas especificamente para alunos com algum tipo de deficiência. Essa pesquisa tem como objetivo desenvolver um aplicativo de apoio ao ensino de Matemática Básica que contemple as necessidades de alunos com deficiência intelectual. Para isso, serão utilizados conceitos de Interação Humano-Computador e Design Centrado no Humano. Ao final deste projeto, pretende-se produzir um aplicativo que promova uma experiência de usuário positiva e auxilie no ensino de Matemática Básica, contribuindo para remover barreiras de aprendizado e promover a autonomia de estudantes com deficiência intelectual.

DESENHO

O projeto de pesquisa apresentado neste documento constitui-se na construção de um jogo de Matemática Básica para celular, que será desenvolvido por meio de métodos de *Design Participativo*. A aplicação desses métodos visa permitir a elaboração de uma ferramenta adaptada às particularidades de adolescentes com deficiência intelectual, alunos dos anos finais do Ensino Fundamental, público alvo deste estudo.

A pesquisa será desenvolvida em parceria com a Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Alguns professores da instituição participarão da equipe de pesquisa, ajudando na escolha do conteúdo de Matemática a ser abordado pelo jogo, na adaptação do formato de jogo para que esteja de acordo com as demandas dos estudantes e no ajuste das metodologias de *design* aqui propostas para serem aplicadas com os alunos da escola.

Para promover dinâmicas de *Design Participativo* com esses alunos, a metodologia de pesquisa está baseada no método PD4CAT (BORGES, 2014), que promove a acomodação de técnicas de *design* já existentes ao contexto da pessoa com deficiência. Essa metodologia prevê que o usuário do jogo que será construído possa participar de todas as etapas de desenvolvimento, desde a concepção da ideia, até a realização de testes de usabilidade.

Para o teste do jogo, foram elencados como parâmetros de usabilidade para avaliar a solução construída: Jogabilidade, Diversão e Aprendizado. Por meio desses parâmetros, é esperado avaliar o jogo desenvolvido como resultado da pesquisa e validar os objetivos e hipóteses elencadas para o projeto.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	105
2. HIPÓTESE	106
3. OBJETIVO PRIMÁRIO	106
4. OBJETIVO SECUNDÁRIO	107
5. METODOLOGIA PROPOSTA	107
5.1 PD4CAT	107
5.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	109
5.2.1 Etapa 0: Preparação	110
5.2.2 Etapa 1: Composição da Equipe	112
5.2.3 Etapa 2: Design da Solução	113
5.2.4 Etapa 3: Teste de usabilidade	114
6. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA	116
7. RISCOS	116
8. BENEFÍCIOS	118
9. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS	119
9.1 JOGABILIDADE	119
9.2 DIVERSÃO	120
9.3 APRENDIZADO	121
10. DESFECHO PRIMÁRIO	121
APÊNDICE A	122
APÊNDICE B	125
REFERÊNCIAS	130

1. Introdução

Nos dias de hoje, diversas tecnologias são utilizadas como recurso de apoio no ensino de estudantes e há uma vasta gama de aplicativos para dispositivos móveis focados no aprendizado de várias disciplinas. No contexto da pandemia de COVID-19 estabelecida em 2020, em que escolas foram fechadas e estudantes tiveram que se confinar em suas casas, dando continuidade aos estudos de forma remota, tais recursos ganharam ainda mais relevância. Segundo um estudo realizado pelo Google, analisando as mudanças no comportamento do consumidor desde o início do distanciamento social, houve um aumento de 46% nas buscas relacionadas a softwares de educação e de 6% em buscas sobre educação especial (CURI; BARRENCE, 2020).

Os celulares tornaram-se os dispositivos mais utilizados por estudantes para acessar conteúdos educativos. O fato de que aplicativos podem ser acessados a qualquer momento e em qualquer lugar aumenta a atenção do usuário ao material didático, encorajando e motivando o aprendizado (SUMUAL; BATMETAN; KAMBEY, 2019). Entretanto, estudantes público-alvo da educação especial correm o risco de terem que usar uma ferramenta que não é adaptada para suas necessidades e aptidões (KARPOVA; CULÉN, 2013).

A inclusão de alunos com deficiência intelectual no ensino regular é garantida pela Lei Nº 13.146, de julho de 2015, também chamada de Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. No Artigo 28, item III, a lei prevê que o poder público assegure um projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, atendendo características dos estudantes, garantindo o pleno acesso ao currículo escolar em condições de igualdade e promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia. Entretanto, muitas vezes não há profissionais ou recursos suficientes para garantir um acompanhamento adequado do aprendizado do aluno com deficiência intelectual em todos anos escolares. As barreiras se agravam nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, nos quais os estudantes têm um professor diferente para cada disciplina e o currículo avança em um conteúdo mais complexo, cujos pré-requisitos podem não ter sido bem absorvidos.

Entre as possíveis disciplinas que um aplicativo educativo poderia abordar, a Matemática destaca-se como um dos conhecimentos mais utilizados em atividades cotidianas, sendo fundamental para que as pessoas possam ter uma vida

independente. No entanto, 5% a 7% da população mundial tem sérias dificuldades com o aprendizado de habilidades matemáticas (BRANKAE; GHESQUIÈRE; DE SMEDT, 2013 apud DA COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2016). No Brasil, 67,5% dos alunos na faixa etária de 10 anos apresentam dificuldades na disciplina (CRUZ; BERGAMASCHI; REIS, 2012 apud DA COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2016). Dessa forma, já sendo um desafio para muitas pessoas, a matemática se mostra uma disciplina ainda mais relevante para ser abordada de forma dedicada para pessoas com deficiência intelectual, devendo-se priorizar o estabelecimento de um repertório adequado à aplicação de conceitos em situações práticas (CARMO, 2012).

2. Hipótese

Quando se fala em aplicativos e jogos voltados ao ensino de Matemática Básica, que poderiam ser usados para exercitar conceitos da disciplina e complementar o aprendizado escolar, as opções disponíveis no mercado não têm formatos que contemplem o público-alvo deste experimento, dado que o conteúdo é tipicamente associado aos anos iniciais do Ensino Fundamental. Por esse motivo, muitos jogos possuem temáticas infantis, que não são mais compatíveis com os interesses de adolescentes.

Há também aplicativos de exercícios de matemática básica com perfis mais adultos, mas que não possuem nenhum tipo de abordagem lúdica que possa atrair e engajar estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. Além disso, muitos aplicativos voltados à educação não têm como diretriz de projeto a acessibilidade de interfaces e a adequação da usabilidade para pessoas com deficiência intelectual, atuando como novas barreiras ao invés de facilitarem o aprendizado de conhecimentos.

Dessa forma, este experimento pretende validar as seguintes hipóteses: “Um aplicativo em formato de jogo pode ser usado para apoiar o ensino de Matemática Básica para adolescentes com deficiência intelectual. Além disso, esses estudantes se sentem mais motivados para jogar um jogo que foi projetado de acordo com seus interesses e permite adaptações que melhoram sua experiência de usuário.”

3. Objetivo Primário

O objetivo primário deste experimento é desenvolver um jogo que apoie o ensino de Matemática Básica para estudantes com deficiência intelectual, que estejam nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. O jogo deverá ser projetado segundo as preferências, necessidades e interesses dos adolescentes envolvidos no experimento.

4. Objetivo Secundário

Em relação ao aprendizado de engenharia de computação, a pesquisa tem como objetivos secundários: Compreender a importância do *design* centrado no humano; explorar métodos de *design* participativo e técnicas de avaliação da experiência de usuário; explorar recursos de desenvolvimento de aplicativos e motores de jogos; explorar conceitos de *design* universal e boas práticas para o desenvolvimento de jogos acessíveis; contribuir para estudos futuros que envolvam *design* participativo de forma remota, através de ferramentas *online*, ou estudos que demandem a acomodação de técnicas de *design* participativo para adolescentes com deficiência intelectual.

5. Metodologia Proposta

Para atingir os objetivos propostos, o jogo será desenvolvido aplicando princípios da Interação Humano-Computador e do *Design* Centrado no Humano, que permitem projetar interfaces e experiências adequadas às necessidades e interesses desses estudantes, através de dinâmicas de *Design* Participativo.

Para integrar adolescentes com deficiência intelectual a essas dinâmicas de forma ética e responsável, será utilizada a metodologia PD4CAT, elaborada por Borges (2014), que será descrita no item 5.1 deste documento. Os detalhes da aplicação dessa metodologia no contexto específico deste projeto serão descritos no item 5.2.

5.1 PD4CAT

A PD4CAT é uma metodologia de desenvolvimento de software interativo, estruturado de forma a promover adaptações técnicas que permitam a inclusão da pessoa com deficiência, tanto no processo de criação, quanto na avaliação da solução proposta. Os processos que constituem o método de Borges (2014) se mostraram interessantes para este projeto, uma vez que oferecem diretrizes que garantem o cumprimento dos princípios éticos definidos na Resolução CNS 510/2016 e honram os compromissos firmados nos Termos de Consentimento e Assentimento.

Antes de enunciar as etapas do PD4CAT, é preciso definir os *stakeholders* envolvidos na metodologia, que foram adaptados ao contexto deste projeto. São estes *stakeholders*:

Escola de Aplicação (EA): O método propõe que seja firmada uma parceria de pesquisa com alguma instituição que tenha contato direto com as pessoas com deficiência, que são o público-alvo do aplicativo. Essa instituição será representada pela Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP.

Alunos: Serão os alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio da Escola de Aplicação que participarão da pesquisa, na condição de adolescentes com deficiência intelectual. Quando conveniente, serão também referidos como **participantes** do experimento.

Professores: Serão os professores de Matemática e professoras de Educação Especial desses alunos.

Responsáveis: Serão as mães, pais, ou responsáveis pelos alunos, que serão convidados a participar de algumas dinâmicas.

Pesquisadores: Serão representados pelos pesquisadores graduandos deste projeto, ora chamados de **desenvolvedores**.

A primeira fase, na qual o projeto se encontra atualmente, consiste na composição da equipe. O objetivo principal desta etapa é buscar uma instituição disposta a participar do projeto, para incorporar professores e alunos que atuarão como co-designers do aplicativo. Escolheu-se a Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP, por ser uma instituição próxima no ambiente universitário, que lida com a aplicação de projetos práticos voltados à educação. Para formalizar a parceria com essa instituição, entregou-se à gestão da Escola de Aplicação um formulário de cadastro de pesquisa e outro de cadastro de pesquisador, ambos seguindo o modelo proposto pela escola. Em todas as etapas do projeto, tal parceria será centralizada através do contato com a Prof.^a Dr.^a Ana Paula Zerbato, do Departamento de Metodologia do

Ensino e Educação Comparada, que auxiliará no contato com os professores, responsáveis e com a própria gestão da EA.

Tendo o projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa e após a assinatura dos termos de Consentimento e Assentimento Livre e Esclarecido, que formalizam a composição da equipe com a qual serão realizadas as etapas seguintes, começa o processo de acomodação, uma meta-técnica que promove a adaptação de metodologias de *design* para adaptar e melhorar técnicas conhecidas, de forma a integrar o adolescente público-alvo da educação especial no processo de *design* participativo. Serão realizadas reuniões com os professores e com os responsáveis dos estudantes, a fim de elencar as abordagens mais eficientes a serem utilizadas em cada etapa do projeto descrita no item 5.2, melhorando-as e fazendo adaptações que levem em conta a individualidade da PCD e melhorem a experiência de cada participante como *co-designer* no projeto.

Ao final de cada uma das etapas do experimento, deve ocorrer uma avaliação participativa, de forma que só se deve avançar para a fase seguinte após ter passado por esta avaliação. Desta, participam todos os stakeholders do projeto: desenvolvedores, professores, alunos e eventuais responsáveis. Serão colhidos os feedbacks dos alunos e professores para avaliar o quanto a construção da solução proposta está se mostrando apropriada para lidar com os problemas elencados nas etapas iniciais de projeto. As técnicas de adaptação, que foram aplicadas ao longo do período de *design*, também serão avaliadas com base em como permitiram e facilitaram a interação entre os stakeholders do projeto.

5.2 Aplicação da metodologia

Tendo como base o método descrito na seção anterior e feitas as adaptações para considerar o prazo para a realização do projeto, o atual contexto de isolamento social e as sugestões da Escola de Aplicação, foram detalhadas as etapas que irão compor as fases desta pesquisa. As fases descritas a seguir abordam desde a etapa inicial de preparação, onde serão adiantadas decisões de projeto e a construção de alguns protótipos, que não dependam das dinâmicas de *Design Participativo*, até outras que são baseadas nas dinâmicas de *design* e serão realizadas com os alunos da instituição parceira.

Para cada uma das etapas, com exceção da etapa de preparação, serão elencadas técnicas de design julgadas como apropriadas para o propósito daquela fase da pesquisa. Os objetivos e riscos destas metodologias serão discutidos ao longo deste documento e, durante a execução do projeto, as técnicas serão escolhidas e adaptadas para melhor acomodar o aluno da EA.

5.2.1 Etapa 0: Preparação

Antes da validação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa, o grupo de pesquisadores enumerou algumas tarefas, que independem da interação com os alunos da Escola de Aplicação e podem ser realizadas visando preparar e agilizar as etapas seguintes. Essas tarefas serão apresentadas neste tópico e compõem a etapa de Preparação.

Tendo sido formalizada a parceria com a EA, será iniciada a etapa de preparação, com uma reunião que tem por objetivo firmar a equipe de profissionais da instituição que participarão do projeto. Nesta equipe, haverá professores de Matemática e professoras de Educação Especial, que auxiliarão na decisão dos conteúdos mais interessantes para serem abordados pelo aplicativo, assim como na acomodação das dinâmicas de *design* para serem aplicadas com cada um dos alunos participantes.

Em seguida, será conduzida uma segunda reunião com os professores participantes da equipe de projeto, para discutir e elencar conteúdos da disciplina de matemática que poderão ser abordados pelo aplicativo. Os conteúdos devem ser enumerados em uma escala de prioridade que leve em conta os seguintes aspectos: Importância daquele conteúdo para a autonomia do adolescente como integrante da sociedade;

A dificuldade que estes alunos apresentam para aprendê-lo;

Adequação ao conteúdo de Matemática básica;

Possibilidade de abordar o conteúdo de forma lúdica e *gamificada*;

Demanda dos professores por ferramentas que auxiliem no desenvolvimento das capacidades dos alunos para o conteúdo em questão.

Enumerados anteriormente os possíveis tópicos que poderão ser abordados pelo jogo, será realizado pelos pesquisadores um processo de Avaliação Comparativa, no qual serão investigados os jogos já existentes no mercado que abordem os temas

elencados na etapa anterior. Essa pesquisa tem o objetivo de identificar mecânicas e formatos de jogo já aplicados no mercado, para que possam servir de base para a geração de ideias que irão compor a solução preliminar dessa pesquisa.

Dentre as possibilidades de jogos elencadas ao longo da Avaliação Comparativa, algumas delas serão enumeradas para serem apresentadas durante a reunião subsequente, com o grupo de professores da EA. Ao longo dessa reunião, serão discutidas as soluções trazidas visando eleger os formatos de jogo com maiores chances de cumprirem o objetivo primário da pesquisa. Para essa escolha, será fortemente considerada a experiência dos professores para julgar os pontos positivos e negativos de cada uma das soluções, pensando de que forma tais mecânicas de jogo poderiam ser benéficas e adequadas ao estudante com deficiência intelectual, que é foco desta pesquisa.

Levando-se em conta as discussões feitas nessa reunião, os desenvolvedores devem levantar os requisitos de sistema que guiarão o desenvolvimento dos protótipos, assim como do aplicativo final. Serão considerados nesta listagem os formatos de jogo elencados durante a pesquisa de mercado, as adaptações sugeridas pelos profissionais da instituição parceira e também sugestões dadas por eles ou pelos pesquisadores. Adicionalmente, foram elaborados requisitos específicos voltados para acessibilidade, com base nas diretrizes do projeto *Game Accessibility Guidelines*. (ELLIS et al., 2020). Esse trabalho foi desenvolvido por designers, consultores e professores, tendo como objetivo ajudar desenvolvedores a remover barreiras que podem ser impostas a usuários com deficiência, seja qual for, ao projetar jogos eletrônicos.

Tendo uma elaboração mais detalhada dos requisitos do projeto, será iniciada a etapa de prototipação. Será então construído um protótipo a ser usado nas dinâmicas das etapas seguintes, nas quais haverá interação com os estudantes da Escola de Aplicação. O protótipo deverá abordar o conteúdo de Matemática listado anteriormente, levando em conta as mecânicas de jogos elencadas na fase de Avaliação Comparativa, com as devidas adaptações apontadas pelos pesquisadores e professores.

Nas etapas seguintes, o processo de prototipação deve continuar ocorrendo de forma paralela às dinâmicas de cada etapa, incrementando o projeto conforme o resultado das dinâmicas e as sugestões dos alunos.

5.2.2 Etapa 1: Composição da Equipe

Com a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa, inicia-se a segunda fase da etapa de composição de equipe, que já contará com os professores da Escola de Aplicação, a fim de selecionar os alunos que participarão do experimento. Essa seleção será feita pelos professores, por terem mais contato e experiência com os alunos, seguindo os critérios de inclusão e exclusão de participantes definidos na seção 6 deste documento. De início, serão priorizados dois alunos como possíveis participantes, mas devem ser listados outros potenciais alunos que poderão ser convidados, caso alguma das duas primeiras indicações não queira participar do projeto.

A seguir, será realizada uma reunião com os responsáveis pelos dois alunos indicados anteriormente, em conjunto com um dos professores. Durante essa reunião, os pesquisadores farão uma apresentação do projeto, explicando seus benefícios e riscos, e serão expostas as técnicas de *Design Participativo* pensadas para o projeto. Devem ser sanadas dúvidas, que os responsáveis venham a ter, e proporcionar um espaço aberto para sugestões. Será então entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (conforme apresentado no apêndice A) aos responsáveis de cada aluno. Caso estejam de acordo com a participação do estudante no projeto, o termo deverá então ser assinado e enviado aos pesquisadores.

Definidos os participantes e tendo o consentimento de seus responsáveis, os professores compartilharão com os pesquisadores algumas informações sobre os alunos, a fim de contextualizá-los e garantir um primeiro contato proveitoso. São estas informações:

Nome

Gênero

Idade

Ano escolar

Condição

Relação com a matemática

Comportamento social

Afinidade com a tecnologia

Esta primeira dinâmica será aplicada para promover um primeiro contato dos estudantes com os pesquisadores do projeto, conhecendo melhor tanto o cotidiano quanto gostos e interesses daquele aluno. As informações levantadas atuarão como guia para o desenvolvimento do jogo.

Esse primeiro contato será realizado na forma de uma **Entrevista de Aquecimento**, que contará com a participação dos responsáveis e de um dos professores, com o objetivo de apresentar o projeto e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, que se encontra no apêndice B. Esse documento foi elaborado com uma linguagem direta e informal, mas estará sujeito a adaptações propostas pelos responsáveis ou professores, que levem em consideração as particularidades do aluno em questão.

Com o assentimento do aluno concedido, os pesquisadores conduzirão a conversa de forma a incentivar que o aluno compartilhe algumas informações que serão relevantes para a evolução dos protótipos desenvolvidos, desde que estejam à vontade para tal. Serão abordados os seguintes tópicos:

Gostos e interesses pessoais: temas que interessem o aluno;

Preferências por jogos: quais formatos de jogos mais gosta e de quais não gosta;

Familiaridade com tecnologia: quais dispositivos usa e sua relação com eles.

5.2.3 Etapa 2: Design da Solução

Até o final desta etapa, deve ser finalizado o desenvolvimento do jogo de matemática que é objetivo da pesquisa. Uma vez construídos os protótipos para o conteúdo e formato de jogo escolhido na etapa 0 e incorporados a eles os elementos de acordo com os interesses e gostos dos estudantes, a etapa 2 aplicará técnicas de *Design Participativo* para avaliar os protótipos construídos até então. Serão também decididos componentes mais específicos do jogo, como personagens, cenário e elementos sonoros.

De forma análoga ao processo realizado na etapa anterior, será conduzida uma reunião com os professores da instituição, onde serão decididas as metodologias de design que serão utilizadas com os alunos, levando em conta a individualidade de cada um e as possibilidades de interação remota, por conta do atual período de

pandemia. Para esta etapa, foram elencadas as seguintes dinâmicas como possíveis técnicas para serem aplicadas durante as atividades:

Desenho guiado: A dinâmica consiste em uma das partes guiar o desenho e a outra realizá-lo. No caso da modalidade em que o pesquisador guia o estudante, pode ser sugerido ao estudante que desenhe personagens e outros elementos de jogo conforme os seus gostos. O desenho pode ser feito em papel, escaneado ou fotografado e enviado aos pesquisadores para que gere ideias de novos elementos de jogo que estejam alinhados com os interesses e gostos do participante. Na modalidade inversa, o aluno pode sugerir ideias que serão desenhadas pelo pesquisador e o aluno deve escolher aquelas que mais lhe agradarem para serem incorporadas ao jogo.

Questionário multimídia: A técnica apresenta a estrutura de um questionário, com respostas de múltipla escolha, no qual as alternativas são expostas em um formato diferente de um texto, como imagens ou vídeos, representando diferentes elementos e formatos de jogo. O aluno deve então escolher qual a opção que mais o agrada.

Conversa informal: Esta técnica, que pode ser aplicada em conjunto com as outras, consiste em uma conversa com o aluno, na qual ele deve ter liberdade para opinar sobre os elementos apresentados para ele até o momento, podendo também dar novas sugestões para o projeto.

Os pesquisadores devem decidir, em conjunto com os professores, qual técnica, ou conjunto de técnicas, é mais apropriada para cada um dos alunos no contexto desta etapa. A técnica deve ser então acomodada e, finalmente, aplicada com cada um dos alunos. Após a realização da dinâmica, os pesquisadores devem novamente se reunir para avaliar tanto os resultados obtidos, como a adequação das técnicas aplicadas. Ao final desta etapa, os pesquisadores devem retomar tudo o que foi levantado com os alunos até o momento e trabalhar na implementação final do aplicativo, que será testado na etapa seguinte.

5.2.4 Etapa 3: Teste de usabilidade

Tendo uma versão finalizada do jogo, a última etapa prevê uma fase de testes com os alunos, para validar o que foi desenvolvido. Este teste será dividido em três fases, sendo a primeira uma proposta de jogo livre, no qual o participante se envolveria organicamente com o aplicativo, sendo possível observar se o jogo é intuitivo e

comunica claramente a interação esperada com o usuário. Após essa fase, seria passada uma tarefa específica para o aluno realizar, a fim de controlar o experimento em um cenário específico do jogo, cujos resultados são conhecidos pelos pesquisadores. Em seguida, os alunos serão incentivados a explorar opções de personalização da interface do jogo, caso tenham sido desenvolvidas, buscando uma configuração mais confortável para jogar. Se necessário, o responsável pelo participante deverá auxiliá-lo nesse processo. Caso o participante tenha alterado elementos do jogo, sejam eles gráficos, sonoros, ou relacionados à jogabilidade no geral, a tarefa anterior deve ser repetida, avaliando-se os benefícios ou prejuízos da nova configuração em relação à outra para a experiência do jogador.

Antes de se executar o teste propriamente dito, o procedimento deve passar pela etapa de acomodação prevista na PD4CAT, como descrito anteriormente. Como recursos para esta etapa, foram elencadas as seguintes técnicas, que devem ser discutidas, adaptadas e testadas pelos pesquisadores:

Protocolo Think Aloud: A técnica, cujo nome pode ser traduzido como “pensar em voz alta”, prevê que o aluno descreva suas ações ao longo do jogo, exprimindo pontos positivos e negativos do jogo bem como as emoções sentidas. O objetivo desta técnica é encontrar problemas de usabilidade e avaliar se o jogo traz as sensações e emoções que os desenvolvedores esperavam propiciar para o jogador.

Questionário utilizando a escala Likert: Um questionário pode ser aplicado para avaliar a satisfação do participante durante a sua interação com o jogo. Neste modelo de questionário, utiliza-se uma escala de modo que os participantes possam determinar seu nível de concordância com afirmações referentes à jogabilidade, ou a qualidade de elementos do jogo. Os itens de *Likert*, que compõem a escala, poderão ser adaptados utilizando referências visuais, por exemplo.

Observação: Este método prevê que o aluno seja observado enquanto interage com o jogo. Para isso, os pesquisadores poderão se utilizar de recursos como o acesso remoto à tela do aplicativo, durante sua execução, ou contar com o apoio dos responsáveis para relatar as interações de seus filhos com o jogo de forma mais livre e não supervisionada pelos pesquisadores.

Coleta silenciosa de dados: O jogo também poderá contar com a coleta de dados de desempenho e engajamento dos usuários, previamente informadas e autorizadas no ato de instalação do aplicativo.

Realizados os testes com os estudantes da Escola de Aplicação, serão analisados os resultados, documentando todas as falhas e possibilidades de melhoria encontradas. Caso haja tempo hábil, tais correções serão implementadas e o jogo poderá contar com uma versão publicada na loja virtual da plataforma que se julgar mais adequada, para que possa ser baixada gratuitamente por outros usuários.

6. Critérios de inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa

Os participantes serão selecionados através da indicação da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, instituição parceira no projeto de pesquisa. Eles devem ser pessoas com deficiência intelectual, que estejam nos Anos Finais do Ensino Fundamental ou no Ensino Médio. Também é interessante que os participantes tenham experiência prévia com o uso de plataformas digitais, seja com o celular, onde executarão o aplicativo, seja com o computador ou notebook que usarão para realizar a comunicação durante o teste.

Se houver mais candidatos do que o necessário, o critério de seleção deve levar em conta o gênero, a idade e o ano escolar dos candidatos, buscando obter uma amostra tão variada quanto possível.

Segundo a Resolução CNS 510/206, os participantes devem obter o consentimento de seus responsáveis para participarem do teste, além de seu próprio assentimento. Quando se julgar necessário, o responsável deve ter condições de acompanhar o participante durante o teste, auxiliando no que for preciso, mas buscando não induzir o usuário a tomar determinadas ações no aplicativo, tampouco influenciá-lo ao expressar opiniões e sentimentos em relação ao jogo.

7. Riscos

O risco envolvido neste experimento consiste principalmente na **possibilidade de gerar barreiras aos participantes, pela proposição de atividades que não estejam adequadas às suas habilidades e/ou que possam causar constrangimento, desconforto ou frustração**. Para minimizar esses riscos, a metodologia utilizada prevê a etapa de acomodação para cada interação planejada com os participantes, a fim de discutir previamente com os professores e responsáveis

da PCD a melhor forma de abordar as atividades e as adaptações necessárias para tal.

Para cada técnica descrita no item 5.2 como possível recurso durante a pesquisa, realizou-se uma classificação do risco de barreira técnica e de desconforto que pode ser gerado ao participante, conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 - Classificação de risco dos recursos utilizados durante o experimento.

Recurso	Risco de barreira técnica	Risco de desconforto
Questionário multimídia	Médio	Baixo
Desenho guiado pelo pesquisador	Médio	Médio
Desenho guiado pelo estudante	Baixo	Baixo
Conversa informal	Baixo	Baixo
Questionário Likert	Baixo	Baixo
Protocolo <i>Think Aloud</i>	Médio	Alto
Observação	Médio	Médio
Coleta silenciosa de dados	Baixo	Baixo

Esses riscos serão reavaliados ao definir os participantes do experimento efetivamente, podendo ter sua classificação alterada de acordo com o perfil e habilidade de cada um. Os recursos que serão aplicados em cada etapa do experimento têm número flexível e serão escolhidos de forma a minimizar os riscos oferecidos aos participantes e produzir resultados benéficos para todas as partes envolvidas. Os registros das atividades, ou os dados provenientes da utilização do aplicativo nas fases de teste podem conter dados pessoais de forma a possibilitar a identificação do participante. Por essa razão, nenhum tipo de registro ou coleta de dados pessoais durante as atividades deverá ser realizado sem o assentimento do

aluno responsável e do consentimento de seus responsáveis por meio dos termos anexados ao projeto. Feita a coleta, caberá então aos pesquisadores gerenciarem esses dados de forma a minimizar os riscos de vazamento de informação pessoais, registros de reuniões que permitam a identificação de um participante, ou gravações em vídeo das dinâmicas, uma vez que a disponibilização dessas informações para acesso público poderia ferir o respeito à privacidade, que é um dos fundamentos da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

Também de acordo com a Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (Brasil, 2018), reconhece-se que os dados coletados ao longo da pesquisa podem conter dados sensíveis, se contiverem informações sobre a condição com a qual vive o participante de modo que seja possível identificá-lo.

À vista disso, os pesquisadores se comprometem em armazenar todos os tipos de dados sensíveis e pessoais em plataformas de acesso controlado e concedido somente aos integrantes do grupo de pesquisa, sem a possibilidade de concedê-lo a pessoas externas, por qualquer que seja a justificativa. Os dados coletados também serão armazenados somente durante o período em que ocorrerá a pesquisa aqui apresentada, para fins de análise dos resultados, apagando ou anonimizando para uso futuro todo tipo de dado que possa identificar o aluno após a finalização do projeto. Os dados coletados através do uso do aplicativo durante a fase de testes, assim como os dados utilizados para análise e divulgação dos resultados da pesquisa serão anonimizados, de forma a impossibilitar a identificação dos participantes do experimento, garantindo a confidencialidade prevista nos termos de Consentimento e Assentimento e na LGPD.

8. Benefícios

Com este estudo, busca-se desenvolver um jogo com propósito educativo que tenha uma temática adequada para adolescentes e não infantilize pessoas com deficiência intelectual, além de ser construído seguindo recomendações de design universal e acessível, que promovam uma usabilidade adequada. Com isso, pretende-se contribuir para motivar e engajar estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental ou Ensino Médio no aprendizado da Matemática básica, que é importante para aumentar a autonomia dos mesmos em situações cotidianas que utilizem

conhecimentos relacionados à disciplina, tal como em transações comerciais de qualquer natureza.

De forma complementar, há o benefício advindo da parceria de pesquisa firmada entre alunos de Engenharia de Computação e os professores da Escola de Aplicação. Devido à multidisciplinariedade da equipe, espera-se que a troca de conhecimentos entre seus integrantes seja benéfica tanto para este projeto, quanto para iniciativas futuras.

9. Metodologia de análise de dados

Para avaliar a experiência do jogador durante a etapa de testes e verificar se a solução final permitiu validar a hipótese do projeto, foram elencados três parâmetros de análise, que serão explicados adiante. Esses parâmetros visam qualificar a interface de jogo, quanto o jogo gera uma experiência divertida no aluno e qual seu impacto na aprendizagem do conteúdo de Matemática abordado.

9.1 Jogabilidade

Uma característica que se deseja medir conforme o usuário interage com o jogo é a *Playability*, que pode ser traduzida para o português como jogabilidade. Diferente da usabilidade, que foca mais na observação e avaliação de componentes separadamente, a jogabilidade tenta avaliar de maneira geral se a integração das ferramentas do sistema permite uma experiência agradável e bem sucedida com o jogo (BOWERS; OLSEN; PROCCHI, 2011). Alguns elementos de jogabilidade podem ser avaliados através do questionário *Likert* descrito anteriormente, como aparência do jogo, controles, elementos sonoros e configurações personalizáveis.

Abaixo, estão listados alguns pontos que podem ajudar a qualificar a jogabilidade com base em heurísticas elaboradas por Caplan et al. (2004):

O jogo deve ser agradável de se jogar novamente.

O jogador não deve ser penalizado repetidamente pelo mesmo erro.

Deve-se propiciar um sentimento de controle sobre o universo do jogo e mudanças feitas pelo jogador devem ser persistentes.

Ações óbvias devem gerar um retorno imediato ao jogador.

A história do jogo deve ser simples, compreensível e ainda sim relacionável.

O jogador deve se interessar pelos personagens, seja por uma sensação de identificação, ou pelo personagem se mostrar interessante ou bem desenvolvido ao longo do jogo.

O jogo deve reagir de forma consistente e desafiadora.

O jogador deve poder visualizar sua pontuação ao longo do jogo

Os controles devem ser intuitivos e naturais. Porém também customizáveis.

O jogador deve receber um retorno para as ações tomadas.

O jogador deve receber dicas de jogabilidade para evitar sua estagnação no jogo.

O menu deve ser bem organizado e intuitivo, além de dar a experiência de ser parte do jogo.

Sons do jogo devem prover um retorno do jogo ou apelar para uma determinada emoção.

9.2 Diversão

O conceito de diversão, do inglês *fun*, envolve mais do que a interface com o usuário. Ele também se relaciona diretamente com o *gameplay* (ato de jogar). As pessoas têm satisfação em dominar uma ferramenta para alcançar um objetivo desejado e estão dispostas a gastar uma quantidade de tempo significativa para isso. Assim, é de interesse dos desenvolvedores oferecer um desafio e a oportunidade de dominar uma técnica, provendo motivação suficiente para o engajamento dos usuários nos jogos. A satisfação resultante de dominar essa técnica, com certo desafio, faz o *fun* acontecer (FEDEROFF, 2002).

Segundo Malone (1980), os jogos precisam ter um objetivo bem definido. Ele acredita que, geralmente, quanto mais óbvio e mais convincente é o objetivo, melhor. E, ainda citando Malone: “os melhores objetivos são, frequentemente, mais práticos ou mais fantasiosos (como alcançar a lua em um foguete) que objetivos simples como resolver problemas aritméticos”.

Federoff realizou entrevistas em um estúdio de jogos nos Estados Unidos e anotou diversas heurísticas aplicadas a jogos no geral. Os que se aplicam à avaliação de diversão podem ser:

Existir um objetivo primordial que é apresentado cedo no jogo.

“Ser fácil de aprender e difícil de dominar” (Nolan Bushnell).

Dar dicas, mas não em excesso.

Oferecer recompensas ao jogador.

Não existir uma única estratégia ótima de vencer.

Algumas perguntas do questionário proposto no teste também podem ajudar a avaliar esse quesito, como a avaliação dos personagens do jogo, a dificuldade das fases e a vontade do usuário de jogá-lo novamente no futuro.

9.3 Aprendizado

Deseja-se avaliar o impacto do jogo no aprendizado do usuário em relação às competências da Matemática abordadas de forma direta e indireta. As métricas dessa meta serão desenvolvidas e avaliadas pelos professores e professoras da Escola de Aplicação.

10. Desfecho primário

Como desfecho primário do experimento, pretende-se obter um aplicativo para celular no formato de jogo, que envolva o exercício de conhecimentos relacionados à matemática básica, com uma temática relacionada aos interesses e gostos dos participantes envolvidos no processo de *Design* Participativo.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE BASEADO NAS DIRETRIZES CONTIDAS NA RESOLUÇÃO CNS Nº510 DE 7 ABRIL DE 2016.

Prezado(a) Senhor(a),

Esta pesquisa é sobre o desenvolvimento de um aplicativo em formato de jogo para apoiar o ensino de Matemática básica a alunos com deficiência intelectual nos anos finais do Ensino Fundamental ou no Ensino Médio. Ela está sendo desenvolvida por Fernando Vicente Grandó Monteiro e Gabriel da Cunha Rodrigues, do Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Computação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Lucia Vilela Leite Filgueiras.

Para motivar esses alunos a aprenderem Matemática, aumentando sua autonomia em situações cotidianas que utilizem conhecimentos relacionados à disciplina, previmos em nosso estudo envolvê-los no projeto do jogo, por meio de dinâmicas de *design* participativo. Desejamos entender os gostos e interesses desses estudantes e tê-los como co-autores do projeto. Com o aplicativo finalizado, também pretendemos que os estudantes testem o jogo, ajudando a avaliar a qualidade da solução desenvolvida e identificando possíveis falhas e pontos a melhorar.

Solicitamos o seu consentimento para o(a) aluno(a) sob sua responsabilidade participar das atividades de projeto participativo, de forma *online* sobre o assunto do objetivo citado acima, divididas em três sessões de aproximadamente 1h30. Pedimos também sua autorização para que, caso o(a) aluno(a) esteja de acordo, as sessões realizadas sejam gravadas para consulta dos pesquisadores e dos professores da Escola de Aplicação durante as discussões do projeto. Reforçamos que os registros das sessões não serão compartilhados com pessoas de fora da pesquisa e eles não serão publicados em plataformas que permitam que eles sejam acessados publicamente, tanto durante quanto após a conclusão da pesquisa.

A primeira sessão será uma entrevista de aquecimento, na qual nós conversaremos informalmente para conhecer gostos, interesses e atividades cotidianas do(a) aluno(a), que possam guiar a temática e os elementos do jogo. A segunda sessão será composta por dinâmicas de *design* participativo propriamente ditas, nas quais

iremos apresentar certos elementos do jogo, como personagens, cenário, ou sons, em que o(a) aluno(a) terá a oportunidade de escolher a opção que mais lhe agrada, ou criar uma nova. Para isso, poderemos fazer uso de questionários interativos, apresentando imagens ou vídeos; desenhos guiados, ou outras técnicas que serão previamente apresentadas para você, para selecionar as opções mais adequadas e acomodá-las para que o(a) aluno(a) fique tão confortável quanto possível. Na terceira sessão, iremos testar o aplicativo desenvolvido, de modo que o(a) aluno(a) jogará inicialmente de forma livre e depois de forma orientada, podendo personalizar algumas configurações de jogo com seu auxílio. Posteriormente, ele(a) também poderá jogar nos momentos em que desejar, de forma não supervisionada por nós, pesquisadores, o que continuará gerando dados importantes para a pesquisa.

Pedimos permissão para acessar dados do(a) aluno(a), como nome, gênero, idade, ano escolar, e condição com a qual vive, assim como discutir aspectos da vida escolar do(a) estudante com os professores envolvidos no projeto, incluindo habilidades, dificuldades e interesses em relação à disciplina de Matemática, uma vez que estas informações serão usadas para guiar a construção do jogo. Também solicitamos sua autorização para coletar dados de uso do aplicativo durante a fase de testes, como pontuações obtidas no jogo e tempo de uso do aplicativo pelo(a) aluno(a).

Como benefícios da participação na pesquisa, o(a) aluno(a) poderá ter acesso a um jogo que ajudou a projetar, abordando tópicos de Matemática básica de forma divertida, mas não infantilizada, com uma temática que tenha relação com os gostos e interesses do(a) aluno(a). Com o auxílio dos professores de Matemática da Escola de Aplicação, serão priorizados conteúdos da disciplina que tenham uma aplicação prática no cotidiano do estudante. Desse modo, o projeto visa beneficiar o aluno possibilitando o aperfeiçoamento de habilidades que promovam sua autonomia nas tarefas do dia-a-dia.

As atividades de projeto participativo foram desenhadas para serem divertidas e descontraídas, e serão precedidas de avaliação pelos professores e responsáveis envolvidos de forma a acomodá-la da melhor forma possível para o(a) aluno(a) participante. No entanto, é possível que essas atividades causem constrangimento, desconforto ou frustração aos participantes, por envolverem habilidades de pensamento crítico, decisão, criatividade e abstração. Durante as sessões, cada participante será questionado(a) sobre seu nível de conforto para prosseguir com a

atividade e, caso não esteja disposto(a), a mesma será pausada ou encerrada, de acordo com a vontade do(a) participante e do responsável.

Esclarecemos que a participação do(a) aluno(a) no estudo é voluntária e, desta forma, não será remunerada. Também, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo(a) Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou em qualquer momento, desistir de participar, o(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo sem qualquer prejuízo.

Pretendemos publicar e apresentar os resultados deste estudo em eventos e revistas acadêmicos. Garantimos que as informações permanecerão sempre anônimas e que os dados de identificação do(a) senhor(a) e do(a) aluno(a) sob sua responsabilidade serão mantidos em sigilo absoluto.

Os pesquisadores estarão à sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE

Declaro que entendi os objetivos deste estudo, e que as dúvidas que tive foram esclarecidas pelo pesquisador responsável. Estou ciente que a participação é voluntária, e que, a qualquer momento tenho o direito de obter outros esclarecimentos sobre a pesquisa e de retirar-me da mesma, sem qualquer penalidade ou prejuízo.

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do responsável legal do participante

APÊNDICE B

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O documento elaborado a seguir descreve um roteiro para o recolhimento do assentimento do aluno da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para sua participação na pesquisa dos alunos Fernando Vicente Grando Monteiro e Gabriel da Cunha Rodrigues, sob orientação da Professora Doutora Lúcia Vilela Leite Filgueiras.

É necessário partir da premissa de que a pessoa com Deficiência Intelectual tem capacidade e autonomia para tomar decisões e assentir, desde que haja uma comunicação clara e a validação do entendimento da pessoa em relação ao que foi exposto. O participante não deve se sentir intimidado ou coagido a participar do projeto de pesquisa (BERNAL, 2006), por essa razão, durante o assentimento do aluno, deve-se enfatizar que ele tem o direito de escolher participar ou não das atividades propostas, sem que haja qualquer tipo de prejuízo ou penalidade.

Prezando por um diálogo que possibilite o entendimento dos procedimentos das dinâmicas, à medida que as atividades são explicadas, os pesquisadores devem fazer perguntas sobre o que foi exposto, avaliando o que foi entendido e dando também a chance de que ele aponte aspectos que possam não ter ficado claros. As dúvidas levantadas devem ser explicadas e não deve ser permitida a participação do aluno sem que haja a compreensão da dinâmica daquela etapa. É fundamental para a validade do assentimento do participante que este tenha um bom entendimento das informações que lhe foram apresentadas. (IACONO; MURRAY, 2003).

A seguir, foi elaborado um roteiro inicial para nortear o momento de recolhimento do assentimento do aluno. Vale ressaltar que esta esquematização não tem caráter final, e será melhor trabalhada com os Professores da Escola de Aplicação e os responsáveis pelo estudante, visando implementar adaptações aos roteiros que melhor se adaptem às individualidades de cada aluno.

ESCLARECIMENTOS GERAIS DO PROJETO - PRIMEIRO ASSENTIMENTO

Durante o primeiro contato com o aluno, será feita uma apresentação do projeto por meio de videoconferência. Será apresentado o objetivo da pesquisa e os benefícios que ela pode gerar para o estudante, assim como os riscos gerais de sua participação nas atividades. Para garantir que o participante tenha compreendido bem os tópicos abordados, serão intercaladas as seguintes perguntas, à medida que cada assunto for exposto, sempre estimulando o participante a tirar dúvidas e verificando-se o entendimento, para que ao final possa decidir de forma livre e esclarecida se deseja participar da pesquisa.

Por que estamos fazendo esta pesquisa?

O que a pesquisa pode trazer de bom para você?

O que pode dar errado durante as atividades?

Caso você não queira participar de uma atividade, o que você pode fazer?

Você tem vontade de participar da pesquisa?

ESCLARECIMENTO DE CADA ATIVIDADE - ASSENTIMENTO PARA CADA SESSÃO DE DESIGN PARTICIPATIVO

Durante a pesquisa, o aluno participará de três sessões de Design Participativo. Para cada uma delas, foram elencadas possíveis técnicas de *design* que podem ser aplicadas conforme o objetivo daquela parte do projeto. Para cada uma das sessões, será separado um momento inicial para explicar ao aluno a motivação e que forma a dinâmica deve acontecer, bem como os riscos de sua participação. Mais uma vez, o aluno deve ser lembrado que pode abandonar a sessão diante de qualquer desconforto que possa aparecer, sem nenhuma penalidade.

A primeira sessão será uma entrevista de aquecimento, na qual conversaremos informalmente com o aluno para conhecer gostos, interesses e atividades cotidianas, que possam guiar a temática e os elementos do jogo. A segunda sessão será composta por dinâmicas de *design* participativo propriamente ditas, nas quais iremos apresentar certos elementos do jogo, como personagens, cenário, ou sons, em que o aluno terá a oportunidade de escolher a opção que mais lhe agrada, ou criar uma nova. Para isso, poderemos fazer uso de questionários interativos, apresentando

imagens ou vídeos; desenhos guiados, ou outras técnicas que serão previamente apresentadas para os responsáveis e professores, a fim de selecionar as opções mais adequadas e acomodá-las para que o aluno fique tão confortável quanto possível. Na terceira sessão, iremos testar o aplicativo desenvolvido, de modo que o aluno jogará inicialmente de forma livre e depois de forma orientada, podendo personalizar algumas configurações de jogo com o auxílio de seus responsáveis, caso haja necessidade. Posteriormente, ele também poderá jogar nos momentos em que desejar, de forma não supervisionada pelos pesquisadores.

Será informado ao aluno a intenção de registrar, por meio do aplicativo, dados relacionados ao jogo, por exemplo, a frequência de uso, ou o desempenho no jogo, para serem analisados entre os pesquisadores e os professores que participarem da equipe.

Durante os esclarecimentos, deve ser explicado também que, caso o aluno esteja de acordo, os pesquisadores irão gravar a sessão realizada, para que este material possa ser revisado pelos pesquisadores nas discussões da elaboração do jogo. Deve-se deixar claro que a atividade não será gravada em hipótese alguma, caso isso cause desconforto ao participante. De forma similar ao que foi proposto na seção anterior, ao longo das explicações dadas pelos pesquisadores, serão realizadas perguntas ao participante para avaliar seu entendimento do que está sendo explicado e sanar eventuais dúvidas. As perguntas propostas para este momento são as seguintes:

O que vai acontecer durante esta sessão?

Por que estamos fazendo essa sessão?

O que pode dar de errado durante as atividades?

Tem alguma atividade da sessão que você não gostaria de fazer?

Caso não queira mais participar da sessão, o que você pode fazer?

Você concorda que, durante a pesquisa, analisemos os dados registrados pelo jogo?

Você concorda em gravarmos esta sessão?

Está pronto para começar a sessão?

REGISTRO DO ASSENTIMENTO

Após seguir o roteiro elaborado neste documento e, sanadas as dúvidas levantadas pelo(a) participante, caso ele(a) concorde em participar da atividade, será pedido que assine um Termo de Assentimento antes de começá-la. Vale ressaltar que, ainda com esse documento assinado, o(a) aluno(a) é livre para abandonar a atividade caso não se sinta mais à vontade em participar.

Para cada uma das dinâmicas de Design Participativo do projeto, será elaborado um único documento de registro de assentimento, a ser assinado pelo(a) aluno(a), contendo a descrição do que foi explicado durante a apresentação da atividade. Como exemplo da estrutura do documento, será usada a etapa número 3 “Testes de usabilidade”. A mesma estrutura será seguida para as outras fases de design propostas na pesquisa. Ressalta-se que alguns detalhes do documento poderão ser alterados caso sejam feitos ajustes na atividade durante a fase de acomodação, ou para permitir melhor compreensão do termo pelo(a) participante.

TERMO DE ASSENTIMENTO PARA A PARTICIPAÇÃO NA DINÂMICA

Eu, _____, entendi que estou sendo convidado(a) para participar de uma atividade para ajudar na pesquisa do Fernando e do Gabriel. Eu entendi que eles estão fazendo um jogo de matemática para alunos com Deficiência Intelectual e que a minha participação na atividade vai ajudar eles a terem ideias e a testarem o jogo para saber como ele pode ser mais legal. Entendi que eu e outros alunos vamos poder jogar o jogo deles depois que ele estiver pronto.

Compreendi que, durante esta etapa, primeiro, poderei jogar livremente o jogo no meu celular. Depois, receberei uma tarefa para realizar dentro do jogo e poderei jogar mais um pouco. No final, será pedido que eu explore o menu do jogo, para que eu altere as configurações disponíveis da forma que eu achar melhor, podendo jogar mais um pouco em seguida. Entendi que serei livre para dar minha opinião e dar sugestões a qualquer momento e que, enquanto e após eu jogar o jogo, os pesquisadores vão me fazer perguntas para saber o que estou achando.

Entendi que meus pais estão sabendo da pesquisa e concordaram com a minha participação nessa atividade. Também compreendo que os meus dados de jogo poderão ser analisados pelos pesquisadores, mas quando forem publicados, não terão meu nome, para que ninguém saiba que aqueles dados são meus. Sei que posso fazer perguntas para os pesquisadores ou para os meus professores se tiver

alguma dúvida durante a atividade. Entendo que só vou participar se eu tiver vontade e se eu me sentir confortável. Além disso, sei que não preciso responder a uma pergunta se não quiser e sei que posso desistir de participar da atividade a qualquer momento sem nenhum problema.

Assinatura do(a) aluno(a): _____

Assinatura dos Pesquisadores: _____

Assinatura da testemunha: _____

Data: __ / __ / __

REFERÊNCIAS

- BERNAL, Jane. Consent and People With Intellectual Disabilities: The Basics. **Intellectual Disability and Health**, 2006. Disponível em: <<http://www.intellectualdisability.info/historic-articles/articles/consent-and-people-with-intellectual-disabilities-the-basics>>. Acesso em: 26 de jul. de 2020.
- BORGES, L. C. L. DE F. **PD4CAT: método de design participativo para desenvolvimento customizado de alta tecnologia assistiva**. 2014.
- BOWERS, C.; OLSEN, T.; PROCCI K. Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice: First International Conference, DUXU 2011. **Serious Games Usability Testing: How to Ensure Proper Usability, Playability, and Effectiveness**. Orlando: Estados Unidos da América, 2011. p. 625-634.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de Agosto de 2018. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm. Acesso em: 18 out. 2020.
- CAPLAN, M.; DESURVIRE, H.; TOTH, J. A. Late Breaking Results Paper. **Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games**. Viena: Áustria, 2004. p. 1509-1512.
- CARMO, J. S. Revista de Deficiência intelectual. **Aprendizagem de conceitos matemáticos em pessoas com Deficiência Intelectual**, v. 3, 2012.
- CURI, M.; BARRENCE, A. **Startup Landscape in the New Normal**. Google for Startups, 2020.
- DA COSTA, A. B.; PICHARILLO, A. D. M.; ELIAS, N. C. Habilidades matemáticas em pessoas com deficiência intelectual: Um olhar sobre os estudos experimentais. **Revista Brasileira de Educacao Especial**, v. 22, n. 1, p. 145–160, 2016.
- DE FARIA BORGES, L. C. L. et al. The life cycle of a customized communication device for a child with cerebral palsy: contributions toward the PD4CAT method. **Journal of the Brazilian Computer Society**, v. 20, n. 1, 2014.

DOS FERREIRA, R. S.; CHAVES DE CASTRO, T. H. Identifying user preferences through an application for autistic children using inclusive design models. **Proceedings - IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2019**, p. 308–310, 2019.

ELLIS, B. et al. **Game accessibility guidelines**. Disponível em: <http://gameaccessibilityguidelines.com/full-list/>. Acesso em: 8 de jun. de 2020.

FEDEROFF, M. A. **Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games**. 2002.

IACONO, T.; MURRAY V. Issues of Informed Consent in Conducting Medical Research Involving People with Intellectual Disability. **Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities**, Vitória, Austrália, v. 16, p. 41-51, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1468-3148.2003.00141.x>. Acesso em: 26 jul. 2020.

KARPOVA, A.; CULÉN, A. L. Challenges in designing an app for a special education class. **Proceedings of the IADIS International Conferences - Interfaces and Human Computer Interaction 2013, IHCI 2013 and Game and Entertainment Technologies 2013, GET 2013**, p. 95–102, 2013.

MALONE, T. W. **What makes things fun to learn? A study of intrinsically motivating computer games**. 1980.

SPIEL, K. et al. Participatory evaluation with autistic children. **Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings**, v. 2017- May, p. 5755–5766, 2017.

SUMUAL, H.; BATMETAN, J. R.; KAMBEY, M. Design Sprint Methods for Developing Mobile Learning Application. **KnE Social Sciences**, v. 3, n. 12, p. 394–407, 2019.

WOLBRING, G. Last word: The un convention on the rights of persons with disabilities. **Development (Basingstoke)**, v. 49, n. 4, p. 158–160, 2006.

APÊNDICE B É Parecer consubstanciado do CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de um jogo de apoio ao ensino de matemática básica para alunos com deficiência intelectual

Pesquisador: LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 36627420.3.0000.5561

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.388.068

Apresentação do Projeto:

As plataformas digitais, como computadores, tablets e celulares estão ganhando cada vez mais espaço no ramo da educação. Existem diversas aplicações voltadas ao ensino de competências básicas, mas poucas entre elas são projetadas especificamente para alunos com algum tipo de deficiência. Essa pesquisa tem como objetivo desenvolver um aplicativo de apoio ao ensino de Matemática Básica que contemple as necessidades de alunos com deficiência intelectual. Para isso, serão utilizados conceitos de Interação Humano-Computador e Design Centrado no Humano. Ao final deste projeto, pretende-se produzir um aplicativo que promova uma experiência de usuário positiva e auxilie no ensino de Matemática Básica, contribuindo para remover barreiras de aprendizado e promover a autonomia de estudantes com deficiência intelectual.

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver um jogo que apoie o ensino de Matemática Básica para estudantes com deficiência intelectual, que estejam nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. O jogo deverá ser projetado segundo as preferências, necessidades e interesses dos adolescentes envolvidos no experimento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme a pesquisadora,

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 4.388.068

"Riscos:

Possibilidade de gerar barreiras aos participantes, pela proposição de atividades que não estejam adequadas às suas habilidades e/ou que possam causar constrangimento, desconforto ou frustração. Também há riscos relacionados à privacidade do participante, seja pelos dados coletados durante a realização das dinâmicas, através da observação pelos pesquisadores, ou pelos dados coletados pelo uso do aplicativo.

Benefícios:

Com este estudo, busca-se desenvolver um jogo com propósito educativo que tenha uma temática adequada para adolescentes e não infantilize pessoas com deficiência intelectual, além de ser construído seguindo recomendações de design universal e acessível, que promovam uma usabilidade adequada. Com isso, pretende-se contribuir para motivar e engajar estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental ou Ensino Médio no aprendizado da Matemática básica, que é importante para aumentar a autonomia dos mesmos em situações cotidianas que utilizem conhecimentos relacionados à disciplina, tal como em transações comerciais de qualquer natureza.

De forma complementar, há o benefício advindo da parceria de pesquisa firmada entre alunos de Engenharia de Computação e os professores da Escola de Aplicação. Devido à multidisciplinariedade da equipe, espera-se que a troca de conhecimentos entre seus integrantes seja benéfica tanto para este projeto, quanto para iniciativas futuras."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Número de participantes: 2.

Intervenção: atividades de projeto participativo, de forma online, sobre o assunto do objetivo divididas em três sessões de aproximadamente 1h30.

A primeira sessão será uma entrevista de aquecimento, na qual nós conversaremos informalmente para conhecer gostos, interesses e atividades cotidianas do(a) estudante, que possam guiar a temática e os elementos do jogo.

A segunda sessão será composta por dinâmicas de design participativo propriamente ditas, nas quais iremos apresentar certos elementos do jogo, como personagens, cenários, ou sons, em que o(a) aluno(a) terá a oportunidade de escolher a opção que mais lhe agrada, ou criar uma nova. Para isso, poderemos fazer uso de questionários interativos, apresentando imagens ou vídeos; desenhos guiados, ou outras técnicas que serão previamente apresentadas para você, para selecionar as

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 4.388.068

opções mais adequadas e acomodá-las para que o(a) aluno(a) fique tão confortável quanto possível.

Na terceira sessão, iremos testar o aplicativo desenvolvido, de modo que ele(a) jogue inicialmente de forma livre e depois de forma orientada, podendo personalizar algumas configurações de jogo com seu auxílio.

Posteriormente, ele(a) também poderá jogar nos momentos em que desejar, de forma não supervisionada por nós, pesquisadores, o que continuará gerando dados importantes para a pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE está de acordo com a Resolução 466/12.

O documento apresentado ao CEPH como TALE é uma descrição de como o pesquisador apresentará o projeto ao adolescente, em vez de ser um documento que é apresentado ao adolescente. Embora seja possível que o TALE seja substituído por outros meios, de alguma forma é necessário que o pesquisador informe como registrará o assentimento do participante.

Recomendações:

Considere a necessidade de manter no TALE o texto "para alunos com Deficiência Intelectual", de acordo com o que avaliam proporcionar bem-estar ao participante.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está aprovado.

As três pendências foram respondidas pela pesquisadora em carta separada.

1. Esclarecer sobre os riscos relacionados à privacidade do participante, seja pelos dados coletados durante a realização das dinâmicas, através da observação pelos pesquisadores, ou pelos dados coletados pelo uso do aplicativo.

Resposta: "Compreendemos que os riscos relacionados à privacidade do participante estavam explicados de forma incompleta. Para sanar esse ponto, reelaboramos o trecho correspondente no projeto principal. A alteração realizada pode ser encontrada no arquivo Projeto.pdf, na seção 7, a partir do trecho: "Os registros das atividades..."

da página 18:

'Os registros das atividades, ou os dados provenientes da utilização do aplicativo nas fases de teste podem conter dados pessoais de forma a possibilitar a identificação do participante. Por essa razão, nenhum tipo de registro ou coleta de dados pessoais durante as atividades deverá ser

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 4.388.068

realizado sem o assentimento do aluno responsável e do consentimento de seus responsáveis por meio dos termos anexados ao projeto. Feita a coleta, caberá então aos pesquisadores gerenciarem esses dados de forma a minimizar os riscos de vazamento de informação pessoais, registros de reuniões que permitam a identificação de um participante, ou gravações em vídeo das dinâmicas, uma vez que a disponibilização dessas informações para acesso público poderia ferir o respeito à privacidade, que é um dos fundamentos da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

Também de acordo com a Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (Brasil, 2018), reconhece-se que os dados coletados ao longo da pesquisa podem conter dados sensíveis, se contiverem informações sobre a condição com a qual vive o participante de modo que seja possível identificá-lo.

À vista disso, os pesquisadores se comprometem em armazenar todos os tipos de dados sensíveis e pessoais em plataformas de acesso controlado e concedido somente aos integrantes do grupo de pesquisa, sem a possibilidade de concedê-lo a pessoas externas, por qualquer que seja a justificativa. Os dados coletados também serão armazenados somente durante o período em que ocorrerá a pesquisa aqui apresentada, para fins de análise dos resultados, apagando ou anonimizando para uso futuro todo tipo de dado que possa identificar o aluno após a finalização do projeto. Os dados coletados através do uso do aplicativo durante a fase de testes, assim como os dados utilizados para análise e divulgação dos resultados da pesquisa serão anonimizados, de forma a impossibilitar a identificação dos participantes do experimento, garantindo a confidencialidade prevista nos termos de Consentimento e Assentimento e na LGPD."

2. Informar sobre a forma de registro do assentimento (TALE) do(a) estudante.

Resposta: "Por orientação dos professores da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da USP, instituição com a qual se firmou parceria, optamos por registrar o assentimento do participante nas atividades propostas na pesquisa por meio de um documento a ser assinado pelo próprio participante antes do início de cada atividade. Adicionamos então duas novas seções ao TALE, que podem ser encontradas nas páginas 4 e 5, nas quais registramos esse formato.

'TERMO DE ASSENTIMENTO PARA A PARTICIPAÇÃO NA DINÂMICA

Eu, _____, entendi que estou sendo convidado(a) para participar de uma atividade para ajudar na pesquisa do Fernando e do Gabriel. Eu entendi que eles estão fazendo um jogo de matemática para alunos

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 4.388.068

com Deficiência Intelectual e que a minha participação na atividade vai ajudar eles a terem ideias e a testarem o jogo para saber como ele pode ser mais legal. Entendi que eu e outros alunos vamos poder jogar o jogo deles depois que ele estiver pronto. Compreendi que, durante esta etapa, primeiro, poderei jogar livremente o jogo no meu celular. Depois, receberei uma tarefa para realizar dentro do jogo e poderei jogar mais um pouco. No final, será pedido que eu explore o menu do jogo, para que eu altere as configurações disponíveis da forma que eu achar melhor, podendo jogar mais um pouco em seguida. Entendi que serei livre para dar minha opinião e dar sugestões a qualquer momento e que, depois que eu jogar, os pesquisadores vão me fazer perguntas para saber o que eu achei do jogo.

Entendi que meus pais estão sabendo da pesquisa e concordaram com a minha participação nessa atividade. Também compreendo que os meus dados de jogo poderão ser analisados pelos pesquisadores, mas quando forem publicados, não terão meu nome, para que ninguém saiba que aqueles dados são meus. Sei que posso fazer perguntas para os pesquisadores ou para os meus professores se tiver alguma dúvida durante a atividade. Entendo que só vou participar se eu tiver vontade e se eu me sentir confortável. Além disso, sei que não preciso responder a uma pergunta se não quiser e sei que posso desistir de participar da atividade a qualquer momento sem nenhum problema.'

Também por sugestão dos professores da EA, optamos por fazer uma alteração no roteiro elaborado para o TALE. Para garantir um melhor entendimento do participante durante a fase de apresentação da pesquisa e das atividades de Design Participativo, optamos por distribuir as perguntas que verificam o entendimento do participante ao longo das explicações, de forma intercalada com cada tema explicado. Essa alteração pode ser verificada na página 1 do TALE, no trecho "Para garantir que o participante..." e na página 2 do mesmo documento, no trecho "De forma similar ao que foi proposto..."

3. Informar os critérios de inclusão e de exclusão dos participantes do estudo.

Resposta: "Quanto aos critérios de inclusão e exclusão dos participantes no estudo, havia um tópico no projeto de pesquisa tratando desse tema, no entanto, este tópico possuía uma tabulação incorreta no sumário do projeto, o que pode ter prejudicado sua visibilidade. Atualizamos o sumário do projeto com a referência a esse item, que pode ser lido no arquivo Projeto.pdf, na seção 6."

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 4.388.068

Crítério de Inclusão:

Os participantes serão selecionados através da indicação da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, instituição parceira no projeto de pesquisa. Eles devem ser pessoas com deficiência intelectual, que estejam nos Anos Finais do Ensino Fundamental ou no Ensino Médio. Também é interessante que os participantes tenham experiência prévia com o uso de plataformas digitais, seja

com o celular, onde executarão o aplicativo, seja com o computador ou notebook que usarão para realizar a comunicação durante o teste.

Se houver mais candidatos do que o necessário, o critério de seleção deve levar em conta o gênero, a idade e o ano escolar dos candidatos, buscando obter uma amostra tão variada quanto possível."

Considerações Finais a critério do CEP:

Considerações finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 510 de 2016, na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: Protocolo aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1595186.pdf	22/10/2020 19:19:20		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	22/10/2020 19:18:30	LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS	Aceito
Outros	Carta_de_esclarecimento.pdf	22/10/2020 19:13:22	LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_20201022.pdf	22/10/2020 19:12:24	LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS	Aceito

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

USP- INSTITUTO DE
PSICOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO



Continuação do Parecer: 4.388.068

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_20201022.pdf	22/10/2020 19:12:06	LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracao_do_pesquisador.pdf	13/08/2020 23:38:51	FERNANDO VICENTE GRANDO MONTEIRO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	04/08/2020 22:18:27	Gabriel da Cunha Rodrigues	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Cadastro_de_Pesquisa_EA.pdf	30/07/2020 19:44:21	FERNANDO VICENTE GRANDO MONTEIRO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 09 de Novembro de 2020

Assinado por:
Jose de Oliveira Siqueira
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br