



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Jogos digitais educacionais: um estudo de caso com
uma ferramenta de aprendizagem para conteúdo de
conversão de bases e aritmética básica de binários.**

Louise Barreto Leal

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Engenharia da Computação

Orientador
Prof.^a Dr.^a Fernanda Lima

Brasília
2016



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Jogos digitais educacionais: um estudo de caso com
uma ferramenta de aprendizagem para conteúdo de
conversão de bases e aritmética básica de binários.**

Louise Barreto Leal

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Engenharia da Computação

Prof.^a Dr.^a Fernanda Lima (Orientador)
CIC/UnB

Prof. Dr. Marcus Vinicius Lamar Prof.^a Dr.^a Carla Denise Castanho
CIC/UnB CIC/UnB

Prof. Dr. Ricardo Jacobi
Coordenador do Curso de Engenharia da Computação

Brasília, 25 de Novembro de 2016

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família que sempre me apoiou, aos meus amigos que temporariamente abandonei nesse processo e a mim mesma: Louise, você conseguiu! Parabéns.

Agradecimentos

Nesta seção, gostaria de agradecer do fundo do meu coração todas as pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente para a realização do trabalho que aqui apresento com satisfação.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos professores que me incentivaram durante todos os meus anos de faculdade. Principalmente à minha orientadora Professora Doutora Fernanda Lima que se aventurou junto comigo neste universo tão interessante de jogos digitais educacionais e que acompanhou todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos Professores Doutores Marcos Vinicius Lamar e Carla Koike por disponibilizarem o seu tempo para os testes de baixa fidelidade do jogo, sempre dando sugestões para o aperfeiçoamento. Ainda em agradecimento ao Professor Lamar que cedeu seu tempo tanto para vários testes de protótipos funcionais e o tempo de sua aula para que este trabalho pudesse ter sido realizado com sucesso. Assim, também agradeço ao professor Rafael Ramos e as turmas de Introdução aos Sistemas Computacionais (ISC) pelo tempo, disponibilidade e paciência na aplicação dos testes, que foram muitos.

Agradeço aos meus amigos que me ajudaram nos testes de usabilidade e comunicabilidade do jogo, inclusive fornecendo dicas sobre o *design* do jogo, correções de português, por me motivarem a continuar com o projeto e os que me confortaram falando que tudo ia dar certo no final. Vocês estavam certos. Também agradeço todo o acompanhamento e apoio psicológico da Dra. Maria Cecília e o Dr. Flávio.

Por fim e mais importante, agradeço enormemente à minha família que me apoiou de todos os modos possíveis e inimagináveis. Em especial à minha mãe, que mesmo com todos os problemas e dificuldades, semanalmente me ajudava na formulação do texto, mostrando-me um vocabulário novo, pelo qual consegui me expressar muito melhor, bem como à Mariana e a Tia Socorro. Ainda, com muita gratidão e amor, agradeço todo o apoio emocional que o Felipe Dalla Torre me devotou através de sorrisos, carinhos e doces.

Resumo

Há uma preocupação com a evasão e reprovação de alunos nos cursos de computação. Nesse contexto, este trabalho tem o objetivo de criar, desenvolver e aplicar um jogo educacional que auxilie na prática e retenção de conhecimento de alunos do primeiro semestre do curso de Ciência da Computação, que cursarem a disciplina com o conteúdo de conversão de bases e aritmética básica de binários. Assim, um jogo foi criado com base no *framework* Modelo de *Design* de Jogos Educacionais [30], que consiste na combinação de *design* de jogos, pedagogia e modelagem do conteúdo educacional, sendo que para esta última foi aplicado o conceito de *scaffolding*. O conteúdo acadêmico desenvolvido no jogo foi o de representação de dados e aritmética básica de números binários. O jogo foi aplicado somente na turma de experimento, enquanto a turma de controle teve aula normal. Para avaliar a eficácia do jogo no aprendizado, foram feitos 3 testes de conhecimento em cada turma. Os resultados da avaliação mostraram que o jogo promoveu retenção de conhecimento na turma de experimento em comparação com a turma de controle. Porém, registra-se que não se pôde medir o impacto da ferramenta pedagógica implementada, *scaffolding*, na aprendizagem, pois esta foi pouco usada pelos alunos enquanto jogavam.

Palavras-chave: Jogos educacionais, *scaffolding*, jogos de computador, conversão de bases numéricas

Abstract

In the universities computer's courses there is a concern about the failure and evasion of students. Thus, this work has the main objective to create, develop and apply an educational game that helps students to practice and to retain knowledge of the first semester of the Course of Computer Science and Degree in Computing, who attend the Introduction to Computer Systems discipline. The game was created based on the Educational Games (EG) Design Framework [30] which consists of the combination of game design, pedagogy and educational content modeling, as the scaffolding tool. The academic content developed in the game was data representation and basic arithmetic of binary numbers. The game was only applied in the experiment group, while the control group had a normal class. To evaluate the effectiveness of the game in the learning, three tests were applied in each class of experiment and of control. The results of the evaluation showed that the game promoted retention of knowledge of the experiment class compared to the control group. Regarding such a tool, it was not possible to measure its impact on learning experience, since scaffolding tool was not intensively used by the students while playing the game.

Keywords: Educational digital games, scaffolding, computer games, conversion of numerical bases

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Contextualização e definição do problema	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Resumo da proposta	2
1.4	Resumo dos resultados	3
1.5	Plano da monografia	4
2	Referencial Teórico	5
2.1	Jogo educacionais	5
2.2	Mecânicas de jogos educativos	7
2.2.1	<i>Flow</i>	7
2.2.2	Motivação	8
2.2.3	<i>Scaffolding</i>	8
2.3	Zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky	10
2.4	<i>Frameworks</i> para jogos educacionais	11
2.4.1	Modelo LM-GM (<i>Learning Mechanics–Game Mechanics</i>)	11
2.4.2	<i>Game Construction Frameworks</i>	12
2.4.3	Modelo RETAIN (<i>Relevance, Embebbing, Transfer, Adaption, Immer-</i> <i>sion, Naturalisation</i>)	14
2.4.4	Modelo de <i>Design</i> de jogos educacionais (<i>Educational Games Design</i> <i>Model Framework</i>)	15
2.5	Avaliações	16
2.5.1	Avaliação do Jogador	17
2.5.1.1	Telemetria comportamental <i>in game</i>	17
2.5.1.2	Testes de avaliação de conhecimento	17
2.5.2	Avaliação do Jogo pelo jogador	18
2.5.2.1	Questionário <i>EGameFlow</i>	18
2.5.2.2	Método de Avaliação de Comunicabilidade	19
2.6	Conteúdo educacional	21

2.7	Trabalhos relacionados	24
2.7.1	Questionário em jogo da velha para um jogador (<i>Tic-tac-toe quiz for single-player</i> - TRIS-Q-SP)	24
2.7.2	<i>Ztech de Object-Oriented</i>	26
2.7.3	CAPTAIN3	26
2.8	Conclusão do capítulo	27
3	Proposta	28
3.1	Criação do jogo	28
3.1.1	<i>Game Design</i>	29
3.1.1.1	Comunicabilidade	29
3.1.1.2	Multimodalidade	31
3.1.1.3	Diversão	32
3.1.2	Modelagem do Conteúdo de Aprendizagem	33
3.1.3	Pedagogia	33
3.2	Aplicação	34
3.3	Ambiente de desenvolvimento	35
3.3.1	<i>Unity Engine</i>	35
3.4	Conclusão deste capítulo	35
4	Implementação	36
4.1	O jogo	36
4.2	Os <i>puzzles</i>	38
4.2.1	Interface geral do jogo	39
4.2.2	Treinamento para ativação das turbinas	40
4.2.3	Ativação das Turbinas	42
4.2.4	Treinamento para ativar sistema emergencial de energia	43
4.2.4.1	Soma de binários	44
4.2.4.2	Subtração de binários	44
4.2.4.3	Representação de binários negativos com complemento a dois	44
4.2.5	Ativação do sistema emergencial de energia	45
4.2.6	Painel de conteúdo complementar	46
4.3	Programação	48
4.4	Telemetria comportamental <i>in game</i>	50
4.5	Avaliação do jogo pelo Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC)	51
4.6	Avaliação do jogo pelo <i>EGameFlow</i>	54
4.6.1	Concentração	55
4.6.2	Objetivos Claros	56

4.6.3	<i>Feedback</i>	57
4.6.4	Desafio	57
4.6.5	Imersão	58
4.6.6	Melhoria de Conhecimento	59
4.7	Avaliação dos alunos pelos testes de conhecimento	60
4.7.1	Avaliação do progresso do conhecimento dos alunos turma de experimento	61
4.7.2	Avaliação do progresso do conhecimento entre as turmas de experimento e controle	62
4.7.3	Avaliação do uso do <i>scaffolding</i>	63
4.8	Conclusão deste capítulo	64
5	Conclusão	66
5.1	Resultados	66
5.1.1	Desenvolvimento do conhecimento dos alunos	66
5.1.2	Retenção de conhecimento	67
5.1.3	Ferramenta <i>scaffolding</i>	68
5.2	Contribuições	68
5.3	Limitações	69
5.4	Trabalhos futuros	70
5.5	Considerações finais	71
	Referências	72
	Apêndice	76
	A O pós-teste respondido pelos alunos	77
	B O teste postergado respondido pelos alunos	79
	Anexo	81
	I Versão impressa do questionário <i>EGameFlow</i>	81

Lista de Figuras

2.1	Relação entre Zona de <i>flow</i> e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) Adaptado de [53].	12
2.2	Modelo de eixos <i>Learning Mechanics</i> – <i>Game Mechanics</i> (LM-GM).	13
2.3	<i>Game construction frameworks</i>	14
2.4	Modelo de <i>Design</i> de jogos educacionais.	16
2.5	Ementa da disciplina Introdução Sistemas Computacionais	23
2.6	Exemplo de <i>screenshots</i> do jogo da velha	25
2.7	Procedimentos da pesquisa.	26
3.1	<i>Framework</i> resultante para este trabalho.	31
3.2	Cronograma do experimentos.	34
4.1	Tela do jogo: enredo.	37
4.2	Tela do jogo: diálogo.	38
4.3	Personagens: Corpe e Miriam.	39
4.4	Signo estático de fusíveis: (a) queimado e (b) funcionando.	39
4.5	Signo estático de portas: (a) aberta e (b) fechada.	40
4.6	Tela do <i>puzzle</i> de conversão.	41
4.7	Representação binária: (a) válvulas ligada e (b) desligada.	41
4.8	Exemplo do painel do <i>puzzle</i> de Ativação das turbinas.	43
4.9	Tela do desafio de soma de binários.	45
4.10	Tela do desafio de ativação do sistema emergencial de energia.	46
4.11	Painel de Ajuda.	47
4.12	Diagrama básico do funcionamento dos puzzles.	49
4.13	Diagrama básico dos componentes de um sistema.	49
4.14	Exemplo de planilha gerada pela telimetria comportamental.	51
4.15	Exemplo do processo de etiquetagem.	52
4.16	Gráfico perguntas sobre Concentração e a quantidade de suas respostas	55
4.17	Gráfico perguntas sobre Objetivos Claros e a quantidade de suas respostas	56
4.18	Gráfico perguntas sobre <i>Feedback</i> e a quantidade de suas respostas	57

4.19	Gráfico perguntas sobre Desafio e a quantidade de suas respostas	58
4.20	Gráfico perguntas sobre Imersão e a quantidade de suas respostas	59
4.21	Gráfico perguntas sobre Melhoria de Conhecimento e a quantidade de suas respostas	60
4.22	Gráfico das médias das notas dos alunos nos da turma de experimento.. . . .	61
4.23	Gráfico da comparação entre as médias das notas dos alunos da turma de experimento e da turma de controle..	63
4.24	Gráfico de acesso ao painel de ajuda	64
4.25	Regressão linear entre as notas do pós-teste e o tempo com o painel de ajuda aberto	65

Lista de Tabelas

2.1 Atividades do Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) (Fonte [4]).	22
3.1 Ementas do primeiro semestre do curso de Bacharelado em Ciência da Com- putação da Universidade de Brasília.	30

Lista de Abreviaturas e Siglas

GAM *Game Achievement Model.*

GOM *Game Object Model.*

IHC Interação Humano-Computador.

ISC Introdução aos Sistemas Computacionais.

LM-GM *Learning Mechanics – Game Mechanics.*

MAC Método de Avaliação de Comunicabilidade.

POM *Personal Outlining Model.*

SGM *Serious Games Mechanics.*

UnB Universidade de Brasília.

ZDP Zona de Desenvolvimento Proximal.

Capítulo 1

Introdução

Inicia-se este trabalho com a introdução ao tema. Primeiramente, contextualizando o problema que se pretende resolver: a criação de uma ferramenta educacional digital que auxilie os alunos nas matérias introdutórias do curso Bacharelado em Ciência da Computação. Para tanto, propõe-se o desenvolvimento de um jogo digital educacional. A seguir, apresenta-se os objetivos específicos sobre a aplicação deste jogo. Após, é feito um relato resumido dos resultados e, ao final, expõe-se a estrutura deste trabalho.

1.1 Contextualização e definição do problema

A evasão dos alunos de cursos voltados para a área de computação é um grave problema enfrentado pelas instituições de ensino. Muitos alunos tendem a reprovar nas matérias iniciais, como Cálculo I, Física e Computação Básica [45]. A matéria de Introdução à Ciência da Computação normalmente não é trabalhada na formação básica dos estudantes que ingressam no ensino superior e o primeiro contato com conceitos básicos pode gerar confusão e frustração.

De acordo com o estudo de Palmeira e Santos [45], tem havido um crescimento no índice de reprovação na disciplina de Computação Básica¹ no decorrer dos últimos anos, juntamente com as outras matérias introdutórias do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, que são disciplinas obrigatórias do currículo do curso, chegando a mais de 45% no ano de 2013. Tal constatação é muito preocupante, uma vez que, no mesmo estudo, os autores indicam que a reprovação em matérias obrigatórias é um dos principais motivos para a evasão de alunos.

¹O currículo do curso de Bacharelado em Ciência da Computação mudou no ano 2015, por isso as disciplinas introdutórias mencionadas no trabalho [45] como Computação Básica não existem mais, tendo sido substituídas por: Algoritmos e Programação de Computadores, Introdução aos Sistemas Computacionais e Fundamentos Teóricos da Computação

Isso pode indicar que o modo tradicional de ensino não está estimulando os alunos a continuarem no curso de Bacharelado em Ciência da Computação. Por outro lado, há vários estudos que mostram que os jogos educativos podem melhorar o desempenho e a retenção do conhecimento² do conteúdo ensinado, uma vez que jogos baseados em aprendizagem devem ter ferramentas de suporte educacional, que motivem e melhorem a experiência do conhecimento concreto [9], [14], [8].

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é criar, desenvolver e aplicar uma ferramenta que auxilie os alunos no aprendizado de disciplinas introdutórias de computação. Logo, é proposto o desenvolvimento de um jogo educacional com a base em um *framework* específico de jogos educacionais, que utiliza ferramentas e conceitos pedagógicos, em conjunto com *design* de jogos digitais, com o objetivo de intensificar a retenção de conhecimento, por meio da prática do conteúdo ensinado e em um ambiente diferente, divertido e educativo.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

Objetivo específico 1: Identificar a capacidade de melhorar o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo abordado, através do jogo.

Objetivo específico 2: Identificar se através da aplicação jogos educacionais houve retenção do conhecimento pelos alunos.

Objetivo específico 3: Avaliar se a ferramenta pedagógica *scaffolding* teve influência nos resultados da turma de experimento.

Objetivo específico 4: Avaliar o nível de satisfação dos jogadores com o jogo educacional.

1.3 Resumo da proposta

A proposta deste trabalho é criar um jogo com base no *framework* Modelo de *Design* de Jogos Educacionais [30] que foi escolhido por ser simples e ter a parte de *design* do jogo, a parte pedagógica e ferramentas de aprendizado no mesmo patamar de importância.

Para a parte pedagógica foi escolhido a ideia de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que promove o desenvolvimento de conhecimento a partir do conhecimento inicial do aluno e a ajuda de um tutor mais especializado, que no caso do ensino digital podem ser tutores ou outras ferramentas como a usada neste trabalho para a modelagem de

²Neste trabalho, usou-se o termo retenção do conhecimento pois é a melhor tradução livre para o termo *knowledge retention* usada nos artigos que fundamentam este trabalho. Porém, de acordo com o conceito pedagógico a definição que mais se aplicaria seria aprendizagem significativa

conteúdo educacional *scaffolding*. A ferramenta de modelagem de conteúdo pedagógico³ *scaffolding*, cujo objetivo é criar uma base educacional que ajude o aluno a completar os desafios e vá, gradativamente, desaparecendo ao longo do jogo, de modo que já não seja mais necessária, o que significa que o aluno conseguiu conquistar um novo patamar em seu conhecimento.

Já a parte de *design* do jogo é desenvolvida através de mecânicas de jogos digitais educacionais como o *flow* [39], que consiste na imersão do jogador de maneira que o jogo não seja nem muito difícil, pois pode causar frustração, nem muito fácil, pois pode causar tédio, em seus desafios.

1.4 Resumo dos resultados

Para confirmar os objetivos específicos foram avaliados três fatores.

O primeiro fator foi a avaliação do jogo pelos participantes, com a ajuda do questionário *EGameFlow* [19], com a finalidade de avaliar pontos importantes em um jogo educacional. Este questionário foi respondido por todos os participantes que completaram o jogo e seu resultado foi positivo com relação aos itens de melhoria de conhecimento, *feedback*, objetivos claros e concentração. Os itens imersão e desafio não tiveram o mesmo desempenho; o primeiro, pelo fato de o áudio e a trilha sonora não terem sido usados no jogo para facilitar e induzir a uma melhor imersão, e o segundo, porque o jogo evoluiu em nível de dificuldade, contudo, a dificuldade não era modificada dinamicamente de acordo com a atual habilidade do jogador.

O segundo fator foi a retenção de conhecimento, avaliados em três ocasiões com o uso de testes. Os resultados obtidos foram impressionantes, considerando que depois de três semanas os alunos da turma de experimento tiveram um melhor desempenho em relação à turma de controle, o que confirma que o jogo educacional proposto pode ajudar na retenção de conhecimento, se comparado com os métodos tradicionais utilizados em sala de aula.

O terceiro fator foi a eficácia da maneira como foi implementado o *scaffolding*. O *scaffolding* foi implementado de modo que o jogador tivesse a livre escolha de utilizá-lo ou não, gerando um resultado inconclusivo, pois os participantes passaram pouco tempo utilizando essa ferramenta. Além disso, analisada por uma regressão linear, não houve relação entre o tempo de uso da ferramenta pelo jogador durante o jogo e a pontuação do pós-teste.

³Pedagógico significa algo relativo a pedagogia, que é a ciência de educar

1.5 Plano da monografia

No segundo capítulo, chamado Referencial Teórico, expõe-se todos os assuntos estudados para se chegar ao produto final deste trabalho. Isso inclui uma discussão sobre jogos educacionais e as principais mecânicas desenvolvidas. Em seguida, explica-se a teoria pedagógica usada para desenvolver o *design* do jogo. Logo após, apresenta-se um resumo dos *frameworks* encontrados na literatura. Após, aborda-se as ferramentas utilizadas para avaliar tanto o jogador quanto o jogo. Posteriormente, trata-se sobre o conteúdo educacional em que o jogo foi baseado. Por fim, relata-se os trabalhos relacionados a jogos educacionais, que foram aplicados em Universidades ou que tenham relação com matérias introdutórias de cursos que envolvam o tema computação, como Bacharelado em Ciência da Computação ou Engenharia de Software.

No terceiro capítulo, chamado Proposta, descreve-se como os assuntos estudados e explanados no capítulo 2 são desenvolvidos a partir do *framework* escolhido para a implementação do jogo educacional, passando pelos passos de criação, desenvolvimento e aplicação do jogo.

No quarto capítulo, chamado de Implementação, expõe-se como decorreu a implementação do jogo, explicando mais a fundo cada tipo de *puzzle* utilizado, suas telas, mecanismos e objetivos. Em seguida, são averiguados os dados resultantes da aplicação do jogo. As avaliações feitas foram: (i) um questionário chamado *EGameFlow*, no qual o jogador pode avaliar o jogo em relação às mecânicas e outros conceitos inseridos em jogos educacionais; (ii) testes de conhecimento para avaliar o desenvolvimento e a retenção do conhecimento dos alunos da turma de controle e de experimento.

No quinto e último capítulo, chamado de Conclusão, faz-se uma análise crítica dos resultados alcançados com os objetivos específicos levantados neste capítulo. Além de expor as limitações, as principais contribuições deste para a literatura acadêmica e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Neste capítulo discorre-se, *a priori*, sobre o que a academia estabelece sobre jogos digitais educacionais, tratando das mecânicas específicas de jogos educacionais e da teoria pedagógica de Vygotsky. Posteriormente, mostra-se os *frameworks* de jogos digitais educacionais presentes na literatura acadêmica atual. Seguindo, apresenta-se um forma de como os jogadores podem ser avaliados e como podem avaliar o jogo. Em seguida, trata-se sobre o conteúdo educacional que é a base para o desenvolvimento do jogo. Por fim, são apresentados trabalhos relacionados com o projeto proposto.

2.1 Jogo educacionais

Marc Prensky, no seu livro “Aprendizagem baseada em jogos digitais” [48], demonstra que atualmente há duas gerações diferentes em salas de aula: os professores e os alunos. Os professores, que são da geração X, cresceram durante o desenvolvimento da internet, dos computadores e dos jogos digitais, querendo somente alcançar aquilo que os pais tinham: carros, telefones e imóveis. Porém, se viram diante de tecnologias cada vez mais avançadas e desconhecidas. Já a geração Y em diante, que são os alunos, já nasceu com a internet e com os computadores integrados ao seu cotidiano, não concebendo viver sem as comodidades dessas tecnologias. Isso significa que nas salas de aula existe uma lacuna de identidade tecnológica entre os que transmitem o conhecimento e os que o recebem, podendo tornar o aprendizado monótono e de difícil entendimento pelos alunos quando feito somente por meio de simples material impresso, sem os recursos audiovisuais que a tecnologia hoje proporciona.

Jogos digitais são sistemas de jogos que têm como meio físico alguma forma de tecnologia, podendo ser computadores, plataformas de jogos, celulares e etc. Salen e Zimmerman(2004) [53] definem que um jogo digital é composto - principalmente, mas não somente -, por quatro trilhas:

1. imediata interatividade,
2. manipulação de informação,
3. sistemas complexos e automatizados,
4. comunicação em rede.

Essas trilhas são intrínsecas à natureza de tal jogo e denotam sua superioridade em face dos jogos não digitais, além de sua forte influência sobre o *gameplay*, ou seja, sobre a "experiência de jogar".

Aprendizado baseado em jogos digitais ou jogos digitais educacionais são um gênero dentro dos videogames, cujo objetivo é ensinar ao jogador um conhecimento específico [6]. Ademais, Prensk afirma que "[...] aprendizado baseado em jogos digitais é qualquer união entre conteúdo educacional e jogos de computadores.[...]. Vamos definir então a aprendizagem baseada em jogos digitais como qualquer jogo para o processo de ensino e aprendizagem em computador ou online"[48]. Ritterfeld *et al.* (2009) [52], ainda usam outra nomenclatura para definir jogos que tenham como propósito explícito de educar, chamado *Serious Games*.

Conseqüentemente, tais jogos são ferramentas facilitadoras de aprendizagem, quer pela motivação que lhes é intrínseca, quer por contar com um ambiente controlado, onde não deverá haver impactos negativos ou prejudiciais ao jogador [52]. James(2010) afirma que "Os *designers* de ambientes educacionais devem entender que manter os estudantes satisfeitos é a chave para o sucesso da educação. A experiência positiva dos estudantes pode encorajar os demais a engajarem-se nas atividades educacionais."¹ [32]. Como resultado, o conjunto de mecânicas e técnicas de *design* utilizadas em jogos educacionais fazem com que o jogador sempre tenha uma experiência vantajosa [52].

Os jogos digitais são classificados em vários gêneros dependendo das suas mecânicas e de seus objetivos. Segundo Oxland(2004), o principal elemento para definir o gênero de um jogo são as suas mecânicas [44]. Por sua vez, as mecânicas definem o esqueleto ou a estrutura de um jogo, que é composto pelas interações, pelos controles e pelas regras, isto é, o que resta ao retirar-se a parte artística e tecnológica do jogo [55], [44]. Sicat(2008) [58] procura explicar as mecânicas de jogos com o auxílio da Teoria de Programação Orientada a Objeto. Assim, define que "Mecânicas de jogo são métodos invocados pelo agente, projetados para interação com o estado do jogo"². Nesse contexto, o agente seria o jogador - uma pessoa ou o próprio sistema, de acordo com as características do jogo- e os métodos seriam os verbos, mais especificamente as ações pelas quais o agente interage com o mundo do *game*. E, por fim, o estado do jogo é o seu mundo combinado com seus

¹Tradução livre

²Tradução livre

desafios, regras e ferramentas. Em suma, mecânicas de jogos são os meios pelos quais jogadores interagem, respeitadas as regras definidas para atingir os objetivos do jogo.

2.2 Mecânicas de jogos educativos

Arnab *et al.* (2015) definem que: "Mecânicas de jogos sérios (*Serious Games Mechanics* (SGM)) atuam como elementos/aspectos do jogo que ligam práticas pedagógicas [...] com mecânicas de jogos concretas, diretamente relacionadas com ações de um jogador"³ [3]. Nesse sentido, para que um jogo seja classificado no gênero educacional suas mecânicas devem ser, principalmente, ferramentas de transferência de aprendizado. Ferramentas pedagógicas usadas na sala de aula e mais recentemente transferidas para ambientes de aprendizado como jogos educacionais, vão ser aqui chamadas de mecânicas de jogos educacionais, uma vez que seus conceitos ajudam a definir e criar objetivos e regras para uma melhor transferência de conhecimento para os alunos. Entre as mais comumente usadas na criação de jogos educacionais estão o *flow* [31], [3], [41], a motivação [60], [62], [10], [18] e *scaffolding* [5], [12], [39].

2.2.1 *Flow*

Flow é um estado de intensa imersão e foco em algum tipo de atividade, caracterizado pela completa absorção nessa atividade, resultando na perda da noção de tempo, porém com um sentimento intrínseco de recompensa e divertimento. Também há o sentimento de controle sobre a situação, especificamente sobre uma tarefa e mais precisamente sendo sentida a capacidade de conclusão. Entretanto, ainda assim mantendo-se a tarefa desafiadora [39]. Ou seja, *flow* é um estado mental em que o sentimento de controle e o de desafio estão igualmente balanceados [46].

Estudos como o de Hamari *et al.* (2016) [25] confirmam de forma empírica que jogos educacionais podem inerentemente ser capazes de ocasionar o estado de *flow*, por intermédio dos desafios presentes nos jogos e, conseqüentemente, estimular de maneira agradável e imersiva o aprendizado. Um jogo bem planejado como ferramenta educacional promove um processo em cadeia: ao jogar um jogo bem projetado, o jogador experimentará um estado de *flow*, o que, por seu turno, aumentará a sua motivação para continuar jogando, dando suporte ao aprendizado [46].

Estudos mostram que para que haja o estado de *flow*, é necessário que o jogo educacional forneça *feedbacks* imediatos e de acordo com o *input* do jogador. Também é necessário que o jogo forneça objetivos bem claros e desafios que estejam adequados a cada nível

³Tradução livre

de competência do jogador, pois o aprendizado é adquirido por meio do atingimento de objetivos e desafios concretos [46].

2.2.2 Motivação

No tocante à ferramenta motivação, jogos educacionais digitais devem ter como base uma motivação intrínseca, considerando a forte ligação que há entre as experiências educacionais em um ambiente de aprendizado digital e o mundo real. Corroborando esse entendimento, Prensky (2001) [47] define que um dos elementos principais de um jogo educacional de sucesso é a motivação, ou seja, a condição de, ao mesmo tempo, jogar um jogo e aprender sem, rigorosamente, disso se dar conta. O estudo de Duffy e Azevedo (2015) [18] afirma que a motivação tem uma relação íntima com os processos cognitivos e metacognitivos, tanto no ambiente prático como no teórico. Além disso, a ferramenta é essencial para o aprendizado, na medida em que é fator para que ocorra a imprescindível retenção da atenção e o engajamento do aluno na atividade educacional proposta [12]. Por isso, um jogo com uma proposta de motivação mal projetada pode fazer com que o aluno não complete as atividades, por não valorizá-las ou por não se achar capaz de fazê-las [7].

Ricci *et al.* (1996) [51] afirmam que os atributos encontrados em jogos de computadores, como interação dinâmica, competitividade e novidade, estão intimamente ligados com o apelo motivacional. Em seu trabalho, em que comparou a aquisição e a retenção de conhecimento em um material de treinamento militar aplicado em forma de texto (grupo de controle) e em forma de jogo (grupo de experimento) os participantes que jogaram o jogo tiveram mais foco e atenção no material educacional comparado com o grupo de controle (ou treinamento de texto). E os autores atribuíram essa diferença a motivação que o jogo implicava nos jogadores.

2.2.3 *Scaffolding*

O termo *Scaffolding* foi primeiramente mencionado e introduzido no mundo pedagógico em um estudo de Wood, Brunner e Rosse(1976) [63]. Trata-se de uma técnica de tutoria, por meio da qual, com ajuda de um tutor e um processo definido, o aluno resolve um problema, que, sozinho, não conseguiria. O processo consiste em um tutor manipular o ambiente, de forma a guiar o aluno para a solução correta. Por exemplo, dividindo a tarefa em pequenos trabalhos compatíveis com a capacidade atual do aluno e, se necessário, acompanhando-o no decorrer do processo. Nesse sentido, Wood *et al.* afirmam que "compreensão da solução deve preceder a produção"⁴. As tarefas concluídas com sucesso resultariam em

⁴Tradução livre

um aprendizado de novas habilidades, sendo que com a prática o auxílio do tutor seria dispensado [61].

Vê-se que *scaffolding* é parte importante do processo educacional, pois ajuda no desenvolvimento de novas habilidades e na aquisição de novos conhecimentos [61]. Conforme dito acima, foi originalmente criado para ambientes tradicionais de sala de aula. Não obstante, teve seus princípios e técnicas adaptados para ambientes computacionais, tanto como suporte de ferramentas educacionais quanto para auxílio de professores [33]. Assim, tornou-se sinônimo de ferramenta de apoio pedagógico [50], [61]. Por exemplo, Duffy e Azevedo (2015) [18] trouxeram as teorias da ferramenta para os ambientes de aprendizado de hipermídia, transformando os tutores em agentes pedagógicos baseados em computadores. Sharma e Hannafin (2007) [57] referem-se a *scaffolding* tecnológico, que pode promover suporte tanto procedimental como metacognitivo nas tarefas acadêmicas, ajudando, portanto, também numa maior evolução da aprendizagem na sala de aula.

A ferramenta *scaffolding* em meios tecnológicos, como os baseados em *web* ou em jogos educacionais, é usada como um assistente automatizado que auxilia os alunos a se engajarem nas estratégias e estruturas do ambiente online de aprendizado [33]. A ferramenta pode adquirir a forma de pequenos questionários interativos relacionados aos temas ou, ainda, colocando os conteúdos acadêmicos direcionados dentro do *gameplay* do jogo - a saber, a experiência de jogar - e criando estratégias para que o jogador/aluno consiga achá-las e usá-las da melhor forma possível [59]. Outra forma significativa de utilizar o *scaffolding* é apresentá-lo em múltiplas formas de *prompts*, como *prompts* de avisos, de auto-explicação e os gerados a partir da solução do jogador/aluno [15].

Dickson *et al.* (1993) afirmam que *scaffolding* é um sistema pelo qual se oferece ao jogador/aluno não só conteúdos do conhecimento a ser ensinado, outros materiais e tarefas, mas também o suporte de um professor e a interação com os outros alunos (Dickson, Chard, & Simmons, 1993, *apud* [59]). Baseados em sua meta análise, os autores Jumaat e Tasir (2014) [33] identificaram quatro principais tipos de *scaffolding* tecnológicos: o estrutural, o conceitual, o estratégico e o metacognitivo.

O estrutural visa a estruturação do aprendizado, com uma coerente linha de raciocínio entre os conceitos e evitando carga cognitiva desnecessária [57], motivando os alunos a usarem matérias didáticos e ferramentas educativas disponíveis [61]. O conceitual auxilia os alunos a decidirem quais são os conceitos principais a serem estudados. Já o estratégico mostra aos alunos outras visões ou maneiras de como solucionar um certo problema ou concluir uma tarefa. E, por último, o metacognitivo, cujo o objetivo é guiar os estudantes a ponderar sobre o que levar em consideração quando se está aprendendo algo novo [33], a fim de evitar que se percam em divagações improdutivas.

Quanto à forma de utilização da ferramenta, Chen e Law (2016) [12] valem-se da seguinte classificação:

1. duro ou estático (*hard scaffolding*).
2. suave ou dinâmico (*soft scaffolding*).

O *scaffolding* duro ou estático é o auxílio que não é adaptável à necessidade individual de cada aluno e usualmente é implementado por computadores. Já o *scaffolding* suave ou dinâmico, oferecido por professores ou colegas, é um auxílio em tempo real e adaptável às dúvidas do aluno [12].

Uma das principais características do *scaffolding* é o fato de ser uma ferramenta reguladora de ajuda temporária. Gunz dial (1994) [24] afirma que: "Uma peça fundamental para o conceito de *scaffolding* está no *fading* (desvanecimento)"⁵. Um *scaffolding* bem sucedido é aquele que se torna desnecessário a partir do momento em que os alunos aprendem a agir para alcançar o objetivo, sem a ajuda da ferramenta [24]. Ou seja, é uma ferramenta temporária que se desvanece à medida que o aprendizado do aluno avança e seu conhecimento se consolida. Assim, há a garantia de que, depois do aprendizado e com a retirada do *scaffolding*, o aluno terá a habilidade e conhecimento necessários para resolver o problema sem essa ajuda. O que significa que o aluno estará preparado para enfrentar o próximo problema, certamente mais complexo, em que necessitará tanto do conhecimento previamente adquirido como de nova ajuda do *scaffolding* e o processo se desenvolve tantas vezes quantas necessárias [35].

2.3 Zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky

Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky é uma teoria que afirma que o aprendizado ocorre quando o aluno se encontra na zona dinâmica existente entre aquilo que ele consegue resolver com o conhecimento que ele possui e o que ele conseguiria resolver se estivesse sendo guiado por um tutor ou um companheiro capaz, com o conhecimento que estará prestes a adquirir. Ou seja, a ZDP está entre o nível de desenvolvimento real, aquilo que o aluno já adquiriu de conhecimento e que possa ser usado de maneira individual ou autônoma, e o nível de desenvolvimento potencial, aquilo que pode ser concluído com a ajuda ou orientação de uma pessoa mais especializada que o aluno [54].

De acordo com Moll (1996) [38], para Vygotsky as funções mentais são desenvolvidas e amadurecidas de maneira cooperativa e não por atividades independentes ou isoladas. Assim, mesmo que a colaboração seja entre o aluno e a máquina, que retorna *feedbacks*,

⁵Tradução livre

tanto por áudio como por recursos visuais, e que pode relacionar vários assuntos de uma vez, jogos educativos ainda seriam considerados uma ideia vygotskiana.

Puntambekar e Hubsher (2005) [50] declaram que por mais que Vygotsky não tenha usado o termo *scaffolding*, sua teoria utiliza a premissa dessa técnica, a saber: a necessidade de que no processo de aprendizagem o aluno disponha de um tutor, cuja função é estabelecer a relação entre a solução do problema a ser resolvido e o conhecimento ainda não adquirido pelo estudante; esse intermediador pode ser tanto um professor como uma ferramenta tecnológica [17]. Nessa mesma esteira de pensamento estão Sharma e Hannafin, que compreendem que *scaffolding* e ZDP têm ligação, expandindo esse conceito ao declarar que "A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) fornece, assim, uma estrutura conceitual para a seleção de tarefas individuais de aprendizagem, enquanto o *scaffolding* fornece uma estrutura estratégica para a seleção e implementação de ações visando apoiar a aprendizagem específica"[57]. Dessa forma, dentro de ambientes de jogos digitais podemos usar as ferramentas de *scaffolding* para auxiliar os jogadores a entrarem mais facilmente na ZDP [29].

Outra relação interessante é a da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e a zona onde é criado o estado de *flow*, pois os dois modelos são baseados na relação entre desafio do jogo e habilidade do jogador. Para um melhor aprendizado (ou seja ZDP) e uma melhor experiência de *gameplay* (definido pela zona de *flow*) é necessário que haja um balanceamento e um crescimento linear entre os desafios do jogo e a capacidade do jogador em resolver esses desafios, como é mostrado na Figura 2.1.

2.4 Frameworks para jogos educacionais

Muitos *frameworks* são considerados pelos próprios autores tanto como ferramentas de desenvolvimento quanto ferramentas de análise. A seguir veremos quatro tipos de *frameworks* encontrados na literatura.

2.4.1 Modelo LM-GM (*Learning Mechanics–Game Mechanics*)

Este *framework*, criado por Arnab *et al.* (2015) [3], é baseado na análise de mecânicas de jogos sérios (*Serious Games Mechanics* (SGM)). Tais mecânicas se constituem em elementos que transformam práticas e objetivos pedagógicas em reais mecânicas de jogos. Os criadores propõem que o conhecimento e a prática do tema a ser ensinado devem ser transmitidos e adquiridos pelas SGM.

O modelo, mostrado na Figura 2.2, deve ser usado de maneira a ser visto sob dois eixos. O eixo vertical, que possui duas colunas principais, que se originam dos dois nós raízes: mecânicas de aprendizado e mecânicas de jogos. Os componentes centrais são os

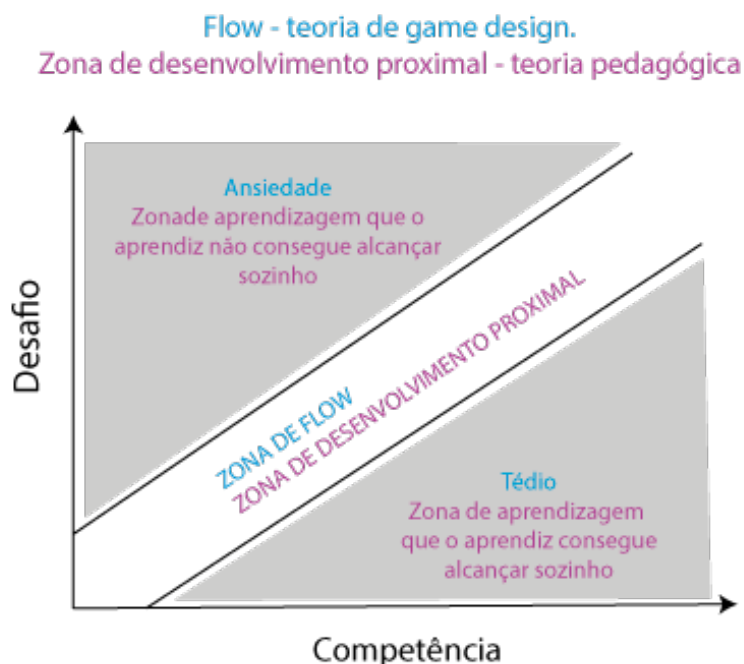


Figura 2.1: Relação entre Zona de *flow* e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)
 Adaptado de [53].

núcleos e os componentes adjacentes são componentes de suporte. Por exemplo, na coluna de mecânicas de aprendizado temos o componente núcleo orientação e o componente de suporte instrutivo. Já o eixo horizontal é composto pelos conceitos análogos de ambas as mecânicas, por exemplo a participação, enquanto mecânica de aprendizado, é análoga à mecânica de jogos colaboração. Assim, desejando-se um jogo em que a participação é um conceito importante para o aprendiz é necessário fazer um jogo colaborativo [3].

O objetivo do *Learning Mechanics – Game Mechanics* (LM-GM) é tanto servir como ferramenta de regressão para os desenvolvedores como ferramenta de análise para estudiosos e pedagogos na área de jogos educacionais. O modelo, apesar de ser o melhor a representar as conexões entre as mecânicas de jogos e as de aprendizado, é bastante complexo, principalmente para iniciantes na área de análise de jogos, se comparado com outros modelos de *framework* para jogos educacionais [3].

2.4.2 *Game Construction Frameworks*

O *Game Construction Framework*, Figura 2.3, foi criado por Alan Amory e é composto por três sub-modelos: *Game Object Model* (GOM), *Personal Outlining Model* (POM) e

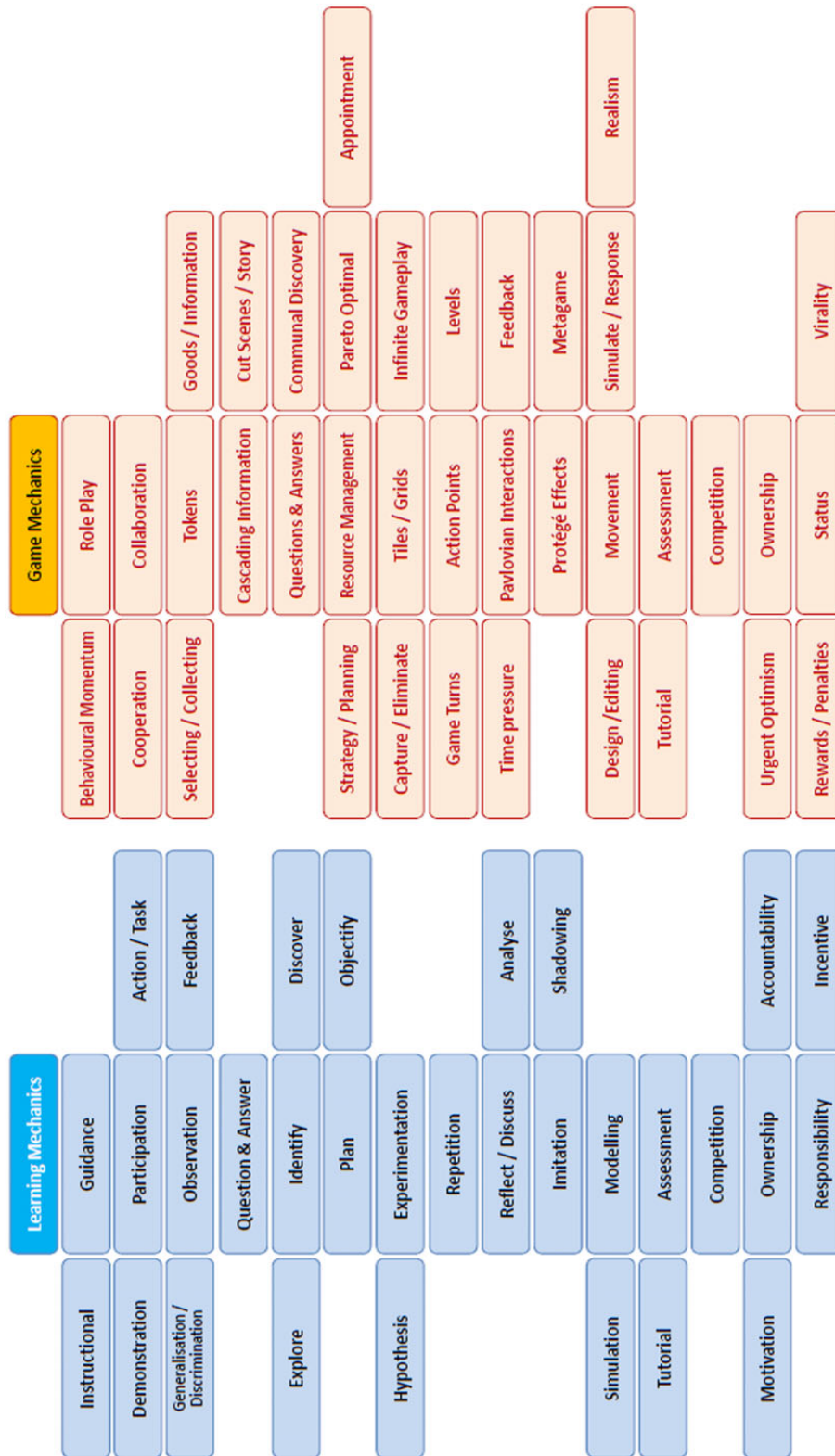


Figura 2.2: Modelo de eixos *Learning Mechanics – Game Mechanics* (LM-GM) (Fonte: [3]).

Game Achievement Model (GAM) [2].

GOM é baseado em conceitos de Programação Orientada a Objeto e visa produzir uma conexão entre elementos de jogos e práticas pedagógicas criando componentes que geram o objetivo educacional desejado [2].

POM é baseado em metodologias de engenharia de software e interações humano-computador, criando uma interface que organizará e definirá quem será a personagem do jogo [2]. A personagem é considerada de extrema importância em jogos educacionais, pois é o componente que fala diretamente com o jogador [62].

GAM é composto de atividades e ações que definem os objetivos de aprendizado e delineiam o enredo básico do jogo. O modelo tem como prioridade reunir uma história motivadora o suficiente para os objetivos educacionais serem transmitidos eficientemente. O autor conclui que o modelo proposto fornece um *framework* conceitual e prático que explora a relação entre as teorias pedagógicas e de *game design* [2].

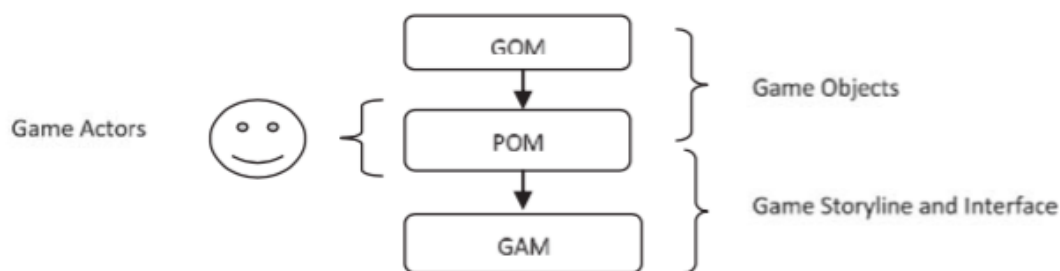


Figura 2.3: *Game construction frameworks* (Fonte: [62]).

2.4.3 Modelo RETAIN (*Relevance, Embebbing, Transfer, Adaption, Immersion, Naturalisation*)

O nome do modelo é um acrônimo das palavras em inglês do conjunto de elementos que compõe o modelo [23]. Esses elementos são:

1. Relevância: Este elemento leva em consideração a relevância da apresentação do conteúdo educacional por meio do subgênero do jogo, assim como o estilo de aprendizagem do jogador/aluno. A relevância a respeito do conteúdo de aprendizado é considerada alta quando o aluno consegue identificar a importância do que ele está aprendendo e o quanto esse exercício pode ser funcional para sua realidade.
2. Incorporação: O objetivo desse elemento é mostrar o quanto a história está relacionada com os objetivos de aprendizagem do jogo. Este elemento está ligado com o potencial de imersão do jogador/aluno.

3. Transferência: Este elemento está relacionado à habilidade do jogador de transferir o conhecimento adquirido de forma lúdica de dentro do contexto de enredo do jogo para solução dos problemas da vida real, ou seja, fora do espaço do jogo.
4. Adaptação: Adaptação é o elemento complementar da transferência que considera a evolução cognitiva por intermédio de duas competências: a assimilação, que é a capacidade do jogador/aluno interpretar eventos a partir do conhecimento já estudado; e a adequação ou adaptação, que é referente à capacidade do jogador/aluno de mudar de conduta ou criar novo conhecimento para que a nova situação faça sentido ou seja resolvida.
5. Imersão: Imersão é apresentada como o elemento relativo à interação e à reação que o jogador/aluno apresenta ao ficar intelectualmente engajado no contexto do jogo.
6. Naturalização: Naturalização é o elemento relacionado com a naturalidade e automaticidade da utilização, pelo jogador/aluno, do conhecimento adquirido, por intermédio da prática das competências relacionadas ao conteúdo.

2.4.4 Modelo de *Design* de jogos educacionais (*Educational Games Design Model Framework*)

Ibrahim e Jaafar (2009) [30], Figura 2.4, apresentam um modelo que é baseado em três pilares de mesma importância: o *design* do jogo, a pedagogia e a modelagem do conteúdo de aprendizagem.

O pilar *Design* do jogo é composto por três elementos. O primeiro é a usabilidade, que de acordo com os autores, deve ser testado especificamente utilizando-se a norma ISO 9241. O segundo é a multimodalidade, responsável pela interatividade dos jogadores/alunos e das várias formas como o conhecimento é transmitido, como por exemplo, usando textos, áudio, animações e outros meios que possam propagar as diferentes formas de transferir tipos diversificados de aprendizado aos jogadores/alunos. O terceiro elemento é a diversão, considerado pelos autores o elemento principal, pois é a diversão que gerará a imersão e o engajamento dos jogadores/alunos, sendo composta pelo *design*, pelo enredo, pelo aspecto lúdico, pelos desafios claros e atingíveis, entre outros [30], [36].

O pilar Pedagógico é responsável por garantir que o jogo tenha resultados de aprendizado claros e efetivos, utilizando quatro elementos: a Taxonomia de Bloom, a motivação, o autoaprendizado e a resolução de problemas. São usados os três primeiros níveis da Taxonomia de Bloom que são conhecimento, compreensão e aplicação [30]. No tocante à motivação, o objetivo é avaliar a existência do engajamento dos jogadores/alunos. Já o autoaprendizado será integrado com módulos de autoavaliação para o desenvolvimento

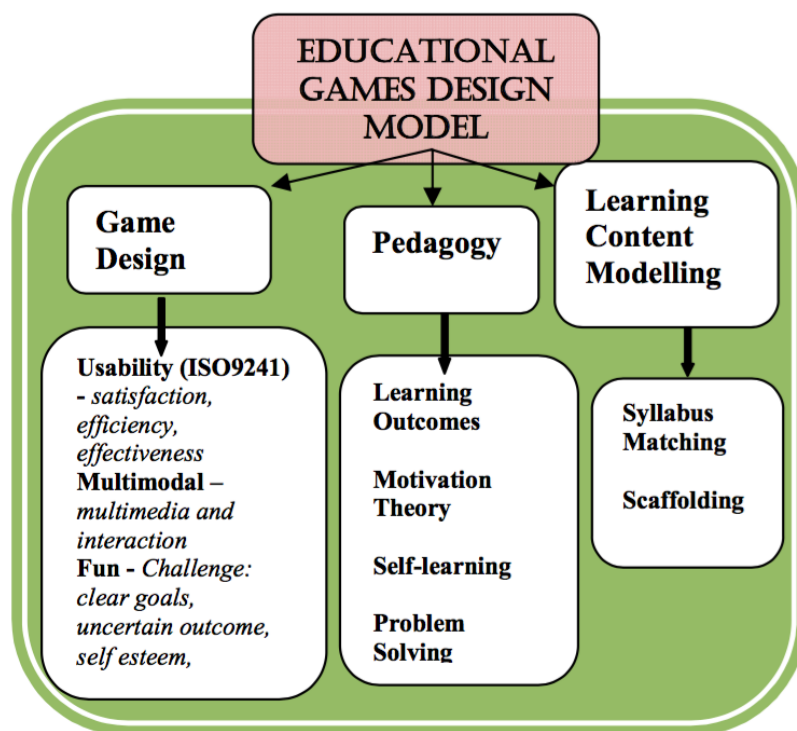


Figura 2.4: Modelo de *Design* de jogos educacionais (Fonte: [30]).

do conteúdo educacional que se quer ver transmitido. E o último elemento do pilar é a resolução de problemas, que consiste em desafios claros que possam ser resolvidos pelos alunos, de maneira à praticar e reforçar os conhecimentos aprendidos no jogo.

Por fim, tem-se o Pilar da Modelagem do Conteúdo de Aprendizagem. De acordo com os autores, este pilar está relacionado ao desenvolvimento de mecanismos de ajuda necessária ao jogador/aluno no autoaprendizado [30]. Os autores recomendam ferramentas como: *scaffolding* e programa de estudos, com resumos do conteúdo ensinado [36].

2.5 Avaliações

A avaliação tanto do jogo pelo jogador quanto a avaliação do desenvolvimento do jogador são importantes, pois geram dados essenciais para a análise e interpretação dos objetivos específicos levantados no capítulo anterior; a mesma relação acontece com as falhas detectadas e os futuros desenvolvimentos.

2.5.1 Avaliação do Jogador

Os dados coletados sobre o desenvolvimento do jogador podem ser divididos em dois aspectos: (i) o comportamento, que será coletado a partir da telemetria que será melhor explicada a seguir e (ii) os testes de conhecimento, que serão aplicados ao longo do procedimento de pesquisa.

2.5.1.1 Telemetria comportamental *in game*

Telemetria comportamental é a coleta de dados do comportamento do jogador, no ambiente do jogo, de maneira furtiva, isto é, sem que este o perceba [26]. Mais especificamente é o registro de eventos feitos ou acionados pelo jogador que são colocados em um *log* e enviados para uma base de dados para posteriormente serem analisados. De acordo com Gagné *et al.*(2011) [20], a telemetria como análise do comportamento do jogador tem duas vantagens para os *designers* e desenvolvedores de jogos: "(a) oferece a representatividade da população de jogadores, uma vez que não é uma pequena população artificialmente mostrada, e (b) é um registro ecologicamente válido das sessões de jogo, ou seja, não é uma fatia de tempo jogado sob condições de laboratório." [20]. Além disso, Owen *et al.* (2014) [43], acreditam que o *gameplay* pode mostrar-se uma ferramenta poderosa como fonte de dados para avaliação do jogador e que não deve ser desprezada.

2.5.1.2 Testes de avaliação de conhecimento

Pré-teste e Pós-teste: Pré-teste é um teste de conhecimento que avalia os conhecimentos básicos dos jogadores antes da aplicação da ferramenta ou dinâmica educacional. Já o pós-teste é um teste que ocorre logo após a utilização da ferramenta ou da dinâmica educacional, cujo objetivo é avaliar o conhecimento dos alunos sobre um certo assunto ou conceito idealmente transmitido pelo sistema previamente usado.

Teste postergado: É um teste de avaliação de conhecimento análogo ao pós-teste, com a diferença que deve ser aplicado entre uma a quatro semanas depois da utilização da dinâmica educacional [34], [51], [49]. O objetivo do teste postergado ou *delayed test* é medir a retenção de conhecimento dos alunos, comparando o seu resultado com os resultados do pós-teste. Para evitar confusão na coleta dos dados, ou preparo não desejado antes do teste postergado, é boa prática não avisar de sua realização com antecedência [11].

2.5.2 Avaliação do Jogo pelo jogador

A avaliação do jogo pelo jogador será feita de duas maneiras distintas: a primeira constituir-se-á em um questionário que deverá ser respondido pelo jogador ao concluir o jogo. A segunda será uma avaliação de comunicabilidade para encontrar falhas antes de aplicar o jogo na turma de experimento.

2.5.2.1 Questionário *EGameFlow*

Saber se o jogo é agradável ao jogador é um aspecto importante, pois se assim o for ele estará disposto a passar o seu tempo livre ou até o de estudo se auto-motivando ao aprendizado, por meio do jogo educativo. E a maneira mais efetiva de se medir opiniões subjetivas ainda é a pesquisa de opinião [19].

Com o propósito de medir de forma quantitativa e mais rigorosa o prazer de um jogo digital educacional foi criado por Fu *et al.* (2009) [19] um questionário, chamado de *EGameFlow*, baseado em oito dimensões:

1. Concentração,
2. Objetivos claros,
3. *Feedback*,
4. Desafio,
5. Autonomia,
6. Imersão,
7. Interação Social,
8. Aperfeiçoamento de conhecimento.

Este questionário pode ser muito relevante para o refinamento, tanto do *gameplay* quanto do *design* da parte pedagógica do jogo, pois poderá mostrar os pontos fortes e fracos do jogo em vários aspectos e não só o do prazer [19].

Coefficiente de alfa de Cronbach: O coeficiente alfa de Cronbach é um coeficiente que estima a confiabilidade, sendo muito difundido na literatura, como mostrado pelos autores Monteiro *et al.* na sua pesquisa [13]. O coeficiente alfa de Cronbach, ou simplesmente alfa de Cronbach, verifica a correlação entre as respostas analisando o perfil de todas as respostas, assim é calculado "a partir da variância dos itens individuais e da variância da soma dos itens de cada avaliador"[13], resultando na equação mostrada abaixo.

$$\alpha = \left(\frac{\kappa}{\kappa - 1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} s_i^2}{s_t^2} \right) \quad (2.1)$$

Onde:

κ corresponde ao número de itens do questionário;

s_i^2 corresponde a variância de cada item;

s_t^2 corresponde a variância total do questionário, determinada como a soma de todas as variâncias;

O alfa pode variar de 0 a 1, onde 1 é o mais confiável e 0 é não confiável. Na literatura não há um consenso sobre qual é a medida mínima para se considerar um questionário confiável, porém muitos autores consideram um questionário com alfa de Contax a partir 0.7 um questionário confiável [13].

2.5.2.2 Método de Avaliação de Comunicabilidade

O Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) é um método de Interação Humano-Computador (IHC) baseado na teoria da engenharia semiótica e tem como objetivo avaliar a qualidade da recepção da metagemagem do *designer* pelo usuário em um ambiente controlado [4].

A teoria da engenharia semiótica é o exame das relações de comunicação entre *designers*, usuários e sistemas, no qual, os sistemas computacionais são "artefatos de metacomunicação, ou seja, artefatos que comunicam uma mensagem do *designer* aos usuários sobre como eles podem e devem utilizar o sistema"[4].

Explicando melhor o que seja MAC, a própria comunicabilidade é um conceito de qualidade de sistemas computacionais interativos, que pode ser definida como a capacidade do sistema de transmitir aos usuários a mensagem original do *designer*. Assim, um sistema considerado com alta comunicabilidade é aquele que fornece assistência ao usuário para interpretar corretamente aquilo que o *designer* projetou da metagemagem, ou seja, mensagem de metacomunicação, codificada na interface pelo *designer*.

Para a execução do MAC é necessário efetuar as seguintes atividades:

Preparação: nessa etapa o avaliador tem que garantir que todas as ferramentas de captura de interação do sistema estejam funcionando, pois esta captura permitirá a realização da avaliação. Além disso, o avaliador orienta o usuário sobre as interfaces, os signos estáticos, os dinâmicos e os metalinguísticos e sobre a tarefa a ser realizada.

Coleta de dados: A coleta de dados consiste na gravação dos vídeos de interação e os pré e pós testes realizados com cada participante. Outrossim, o avaliador explica e incentiva os usuários a relatarem em voz alta tudo aquilo que está passando em suas mentes. Esta técnica é chamada de *think aloud*; é muito útil para coletar uma maior quantidade de dados do usuário e facilita na etiquetagem. Porém, os usuários

devem ser incentivados sempre, quando necessário, durante o processo, pois podem se distrair e parar de relatar.

Interpretação: nessa etapa o avaliador assiste múltiplas vezes a cada vídeo de interação e faz o processo de etiquetagem, que consiste em identificar as rupturas de comunicação, isto é, momentos em que o usuário demonstra não ter entendido a mensagem que o *designer* queria transmitir. A partir do procedimento é gerada uma lista de etiquetas que deve estar associada a uma parte do vídeo de interação e pode ter comentários do avaliador.

Na etiquetagem são identificadas expressões de comunicabilidade, com a finalidade de "[...] colocar palavras na boca do usuário tais como: 'Cadê?' e 'Epa!' "[4].

São 13 as expressões de comunicabilidade:

- "Cadê?": esta etiqueta é usada quando o usuário sabe que o sistema possui certa funcionalidade ou característica, mas não consegue encontrar o caminho para executá-la; ou seja, quando o usuário tem o desejo de se comunicar porém não encontra maneira de expressá-lo pela interface.
- "E agora?": esta etiqueta é usada quando se percebe que o usuário não sabe o que fazer no momento para continuar ou concluir a tarefa.
- "O que é isso?": esta etiqueta é usada quando o usuário não consegue interpretar os signos dinâmicos ou estáticos da interface.
- "Epa!": esta etiqueta é usada quando o usuário percebeu que cometeu um erro e tenta com rapidez desfazer a ação equivocada.
- "Onde estou?": esta etiqueta é usada quando na situação atual o usuário tenta interagir com signos da interface, os quais, naquele momento não são interativos, como botões desativados ou signos de simples exibição.
- "Ué, o que houve?": esta etiqueta é usada quando o sistema responde de forma diferente da esperada pelo usuário. Esta etiqueta também é usada quando o usuário não percebe alguma resposta do sistema.
- "Por que não funciona?": esta etiqueta é usada quando a resposta do sistema é diferente da prevista pelo usuário, porém este não se conforma com a resposta dada pelo sistema. Ainda, essa etiqueta se diferencia da anterior pelo fato do usuário sempre perceber a resposta do sistema.
- "Assim não dá!": esta etiqueta é usada quando o usuário abandona ou interrompe o caminho escolhido por ele para a realização da tarefa.

- "Vai de outro jeito": esta etiqueta é usada quando o usuário não consegue seguir ou identificar o caminho para a realização da tarefa definida pelo *designer*, e utiliza outro.
- "Não, obrigado!": esta etiqueta é usada quando o usuário, mesmo conhecendo o caminho preferido do *designer*, usa outro para cumprir a tarefa.
- "Pra mim está bom.": esta etiqueta é usada quando o usuário acha que concluiu a tarefa com sucesso, mas está equivocado.
- "Socorro!": esta etiqueta é usada quando o usuário utiliza as guias ou outras fontes online para tentar concluir a tarefa.
- "Desisto": esta etiqueta é usada quando o usuário reconhece que não consegue concluir e desiste da tarefa.

Consolidação dos resultados: nesta etapa o avaliador deve interpretar o conjunto das listas de etiquetagem geradas pelos vídeos de interação, levando em consideração, principalmente: (i) a frequência e o contexto em que cada ruptura de comunicação acontece, (ii) a sequência das etiquetas, (iii) a gravidade dos problemas que ocorrem devido aos objetivos do usuário, sendo estes operacionais, táticos ou estratégicos.

Após a interpretação, o avaliador deve criar o perfil semiótico do sistema que consiste em identificar e explicar as dificuldades de comunicabilidade do sistema, bem como a maneira de serem resolvidos.

Relatos dos resultados: nesta última etapa o avaliador deve escrever um breve resumo contendo: o que foi e como foi testado, o resultado e como o sistema pode ser melhorado.

Em linhas gerais as atividades necessárias para a execução do MAC são mostradas mostradas na Tabela 2.1.

2.6 Conteúdo educacional

O conteúdo educacional usado no jogo é o de representação de dados e aritmética básicas de números binários, que faz é um do conteúdo ministrado na disciplina obrigatória do primeiro semestre Introdução aos Sistemas Computacionais (ISC) dos cursos de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade de Brasília (UnB), porém também vista em outras disciplinas e cursos. A ementa, como mostrada na Figura 2.5, pode ser encontrada no site dos cursos da UnB, o Matrícula Web ⁶.

⁶<https://matriculaweb.unb.br/>

Tabela 2.1: Atividades do Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC)(Fonte [4]).

Avaliação de Comunicabilidade	
Atividades	Tarefas
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> • inspecionar os signos estáticos, dinâmicos e metalinguísticos • definir tarefas para os participantes executarem • definir o perfil dos participantes e recrutá-los • preparar material para observar e registrar o uso • executar teste-piloto
Coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> • observar e registrar sessões de uso em laboratório • gravar vídeo da interação de cada participante
Interpretação	<ul style="list-style-type: none"> • etiquetar cada vídeo da interação de cada participante
Consolidação dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> • interpretar as etiquetas de todos os vídeos da interação • elaborar perfil semiótico
Relato dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> • relatar a avaliação da comunicabilidade da solução IHC, sob o ponto de vista do receptor da metamensagem.

Órgão:	CIC - Departamento de Ciência da Computação
Código:	113468
Denominação:	Introdução aos Sistemas Computacionais
Nível:	Graduação
Vigência:	2000/2
Pré-req:	Disciplina sem pré-requisitos
Ementa:	Os cursos de graduação em computação da UnB. Normas e currículos. Histórico e evolução da computação. Conceitos básicos de eletricidade e eletrônica digital. Representação de Dados. Introdução à Álgebra Booleana. Noções básicas de organização e arquitetura de computadores.
Bibliografia:	<p>Básica</p> <p>Patt, Yale N. & Patel, Sanjay J., <i>Introduction to Computing Systems: From Bits and Gates to C and Beyond</i>. 2nd ed., McGraw-Hill, 2006;</p> <p>Harris, Sarah L. & Harris, David M. <i>Digital Design and Computer Architecture - ARM Edition</i>. 1st ed., Morgan Kaufmann, 2015;</p> <p>Diretrizes Curriculares, Conselho Nacional de Educação. Estatuto da Universidade de Brasília. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=11205&Itemid= e www.unb.br/unb/transparencia/downloads/regimento_estatuto_unb.pdf ;</p> <p>Complementar</p> <p>Tanenbaum, A. S., <i>Organização Estruturada de Computadores</i>. Prentice Hall do Brasil, 2008;</p> <p>Weber, R.F., <i>Arquitetura de Computadores Pessoais</i>. 2. ed., Porto Alegre, RS : Bookman, 2008;</p> <p>Stallings, William. <i>Arquitetura e Organização de Computadores</i>. 8. ed., São Paulo: Pearson, 2010;</p> <p>Pedroni, Volnei A. <i>Eletrônica Digital Moderna e VHDL</i>. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010;</p> <p>Weber,R.F. <i>Fundamentos de Arquitetura de Computadores</i>. 3 ed., Editora Sagra, 2004;</p>

Figura 2.5: Ementa da disciplina Introdução Sistemas Computacionais (Fonte: [57]).

Como se depreende da ementa, Introdução aos Sistemas Computacionais (ISC) é a disciplina que apresenta os sistemas computacionais, passando por sua história e evolução, indo até ao básico de organização e arquitetura de computadores. Um dos conteúdos é a representação de dados, cujo subassuntos são: sistemas numéricos binários, octal e hexadecimal e suas conversões e aritmética básica, de acordo com o livro indicado na própria ementa *Introduction to Computing Systems: From Bits and Gates to C and Beyond*.

2.7 Trabalhos relacionados

Trabalhos que estivessem relacionados com os conteúdos de representação de dados e aritmética básica de binários, bem como com criação, desenvolvimento e aplicação de jogos educacionais para universitários, com preferência para o curso de Bacharelado em Ciência da Computação, foram pesquisados nas bases de busca dos periódicos da CAPES ⁷.

Como resultado, foram encontrados três artigos que se encaixam ao critério de trabalhos aplicados ou desenvolvidos para cursos universitários de Bacharelado em Ciência da Computação e Sistemas de Informação. No entanto, todos os trabalhos escolhidos têm como objetivo ensinar conceitos básicos de programação e nenhum trabalho foi encontrado com relação especificamente ao conteúdo didático que é utilizado neste trabalho.

2.7.1 Questionário em jogo da velha para um jogador (*Tic-tac-toe quiz for single-player - TRIS-Q-SP*)

Neste trabalho, Hooshyar *et al.*(2016) criaram um sistema de tutorial inteligente baseado em fluxogramas (*Flowchart-based Intelligent Tutoring System (FITS)*). Para manter o engajamento dos jogadores foi utilizado um questionário em forma de jogo da velha, Figura 2.6. De acordo com os autores, o objetivo é comparar os ganhos entre o grupo de experimento que usou a plataforma e o grupo que utilizou métodos convencionais de solução de problemas. Foram investigados os seguintes tópicos: ganho de conhecimento, atitude de aprendizagem, aceitação de tecnologia, interesse no aprendizado e análise de diferentes tipos de *feedback* na aquisição de conhecimento [27].

Este estudo foi escolhido porque foi aplicado em duas classes de alunos de graduação no seu primeiro semestre do curso Bacharelado em Ciência da Computação e que cursavam a disciplina introdutória Programação I, na qual se abordavam aspectos básicos de programação como: variáveis, estruturas de controle e atribuições, portanto, a mesma demografia que se espera encontrar neste trabalho [27].

O procedimento foi a realização de uma aula sobre conhecimentos básicos de programação, que durou 120 minutos, um pré-teste e um pré-questionário, sobre atitudes de aprendizado, que durou 60 minutos. Em seguida, o grupo de experimento utilizou a ferramenta por 150 minutos e o grupo de controle usou métodos convencionais de solução de problemas pelo mesmo período de tempo. Logo após, foram aplicados para os dois grupos um pós-teste e um pós-questionário, que monitoraram mudanças nos aspectos de ganho de conhecimento, atitudes em relação ao aprendizado, realizações na aprendizagem,

⁷<http://www-periodicos-capes-gov-br.ez54.periodicos.capes.gov.br/>

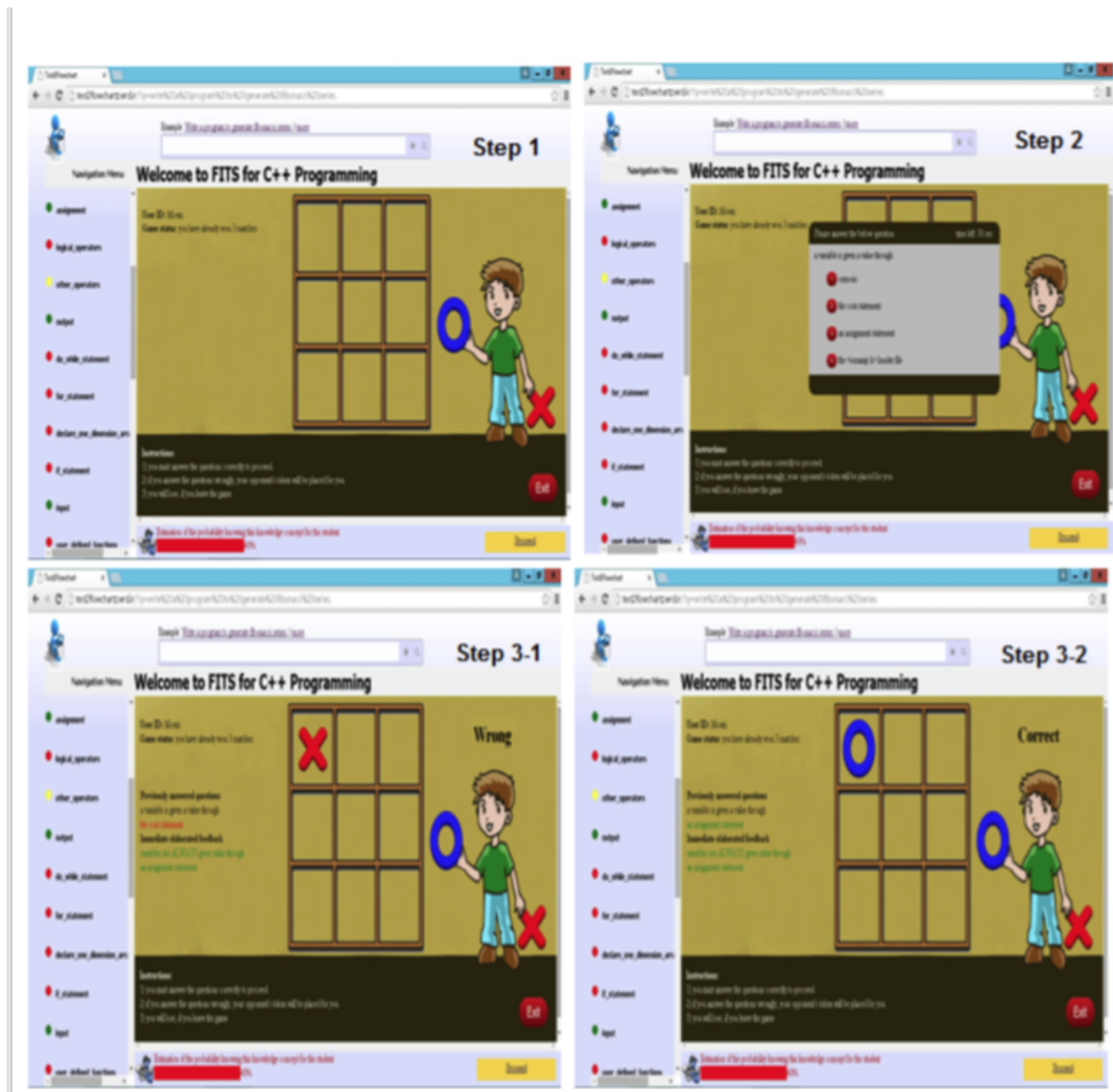


Figura 2.6: Exemplo de *screenshots* do jogo da velha (Fonte: [27]).

aceitação de tecnologia, diferentes tipos de *feedback* e recepção do aprendizado [27] como mostrado na Figura 2.7.

O trabalho conclui que o grupo experimental teve um ganho de aprendizagem e solução de problemas maior que o grupo de controle. Além de identificarem que os alunos que usaram a ferramenta tiveram uma sensação de prazer e engajamento maior que o grupo de controle [27].

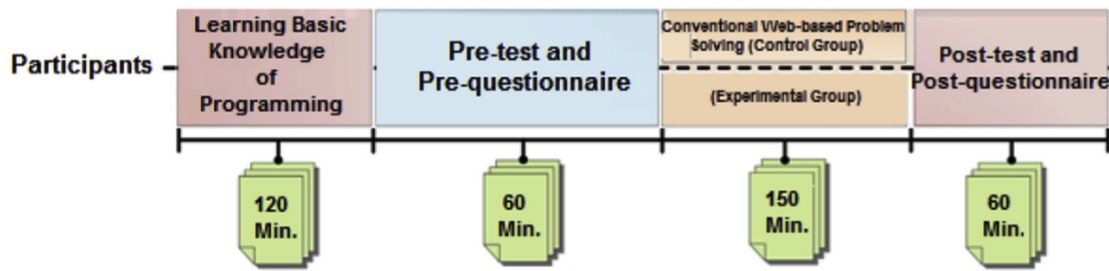


Figura 2.7: Procedimentos da pesquisa (Fonte: [27]).

2.7.2 Ztech de Object-Oriented

Este trabalho consiste em um jogo educacional, no qual, por meio de fantasia e representação de papéis (*role-playing*), o herói da história, a cada nível, resolve enigmas e desafios relacionados aos conceitos de programação orientada a objetos [62].

O jogo foi criado e desenvolvido como resultado do estudo e criação de um *framework* conceitual para jogos educacionais, criado pelos próprios autores do trabalho, Wong *et al.*(2015). O trabalho [62] resulta em um projeto piloto que foi testado em 40 alunos cursando o primeiro ano, terceiro período do curso de Bacharelado em Desenvolvimento de Jogos. Os alunos jogaram o jogo em sala de aula, podendo salvá-lo e continuar na próxima aula. Ao final do semestre os alunos responderam um questionário sobre o jogo, cujo objetivo principal era proporcionar um espaço em que os alunos pudessem escrever suas opiniões sobre o jogo e sobre sua eficácia como uma ferramenta de aprendizagem. Com o teste piloto completo, os autores puderam aprimorar o jogo a partir das sugestões dadas pelos alunos [62].

2.7.3 CAPTAIN3

CAPTAIN3 é um ambiente de aprendizagem de programação na linguagem Java baseada em jogos, que tem como objetivo ser uma ferramenta de treinamento e reconhecimento de estruturas para aumentar as habilidades de programação, com um ambiente motivacional do aprendizado, principalmente para alunos principiantes ou que tenham dificuldades no aprendizado de programação [40].

O ambiente foi aplicado em 63 alunos do segundo ano do departamento de Sistemas de Informação da Universidade de Ciência de Informação de Tóquio; destes, vinte alunos tinham conhecimentos avançados, vinte e oito alunos eram intermediários e quinze eram alunos com conhecimentos introdutórios de programação. O trabalho conclui que com a utilização da plataforma, os alunos considerados com conhecimento introdutórios foram capazes de diminuir consideravelmente, ao final do semestre, a diferença entre o conheci-

mento deles e o dos alunos intermediários e avançados. Além disso, os autores também chegam à conclusão que o sistema foi efetivo por despertar um maior interesse nos alunos por programação. Contudo, a partir do teste feito, não conseguiram chegar à conclusão se as habilidades de programação foram melhoradas, sendo essa a limitação do trabalho [40].

2.8 Conclusão do capítulo

Neste capítulo apresentou-se conteúdos da literatura acadêmica que foram o alicerce para o desenvolvimento e pesquisa deste trabalho. O próximo capítulo irá mostrar como os conceitos e as teorias serão utilizadas para a criação e desenvolvimento desta pesquisa.

Capítulo 3

Proposta

Neste trabalho são propostos a criação, o desenvolvimento e a aplicação de um jogo educacional que auxilie na fixação de conceitos de representação de dados e aritmética básica de binários. O jogo tem o objetivo de dar apoio aos alunos do primeiro semestre do curso de Bacharelado em Ciência da Computação ou outros cursos que ensinem tais conceitos, em especial, da Universidade de Brasília. Foi escolhido esses conteúdos acadêmicos por ser um conteúdo introdutório vistos em vários cursos focados em computação e por considerar que a principal causa de evasão de alunos, especialmente no início, é a reprovação em matérias obrigatórias, ou seja conceitos fundamentais ou de alicerce.

3.1 Criação do jogo

Ritterfeld (2009) [52] declara que "Jogos digitais são, em sua essência, espaços de solução de problemas que usam aprendizado contínuo e promovem caminhos para o domínio através do entretenimento e prazer"¹. Portanto, visando a criação de uma ferramenta adicional de auxílio, que engaje e motive os alunos a praticarem e consolidarem os conhecimentos aprendidos em sala de aula, propõe-se a criação de um jogo digital educacional.

Para a escolha do conteúdo acadêmico a ser utilizado na criação e desenvolvimento do jogo, foram levantadas as disciplinas ministradas, assim como os assuntos abordados, no primeiro semestre do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade de Brasília (UnB), como mostrado na Tabela 3.1.

Escolheu-se a representação de dados e a aritmética básica de números binários que consiste em temas abordados na disciplina Introdução aos Sistemas Computacionais (ISC) como foco deste trabalho. Pois se trata de conceitos acadêmicos não obrigatórios, em nenhuma forma, no ciclo básico do ensino brasileiro e vistos em disciplinas de cursos de computação, como Ciência da Computação, Engenharia da Computação e outros. Isto

¹tradução livre

pode ser um fator extra de dificuldade para alunos recém ingressados na Universidade, pois diferentemente das demais disciplinas do primeiro semestre que foram, de maneira básica, fundamental ou introdutória, estudadas pelos alunos no ensino médio.

Para que os objetivos deste trabalho fossem atingidos, realizaram-se pesquisas de trabalhos acadêmicos que propunham *frameworks* para a criação específica de jogos educacionais. *Frameworks* são essenciais por serem compostos de diretrizes baseadas em estudos e análises, dando suporte tanto para os *designers* como para os educadores, sobre as melhores e mais efetivas maneiras de se criar um jogo educacional que, de fato, cumpra os seus objetivos como ambiente de aprendizagem [3], [2].

Quando se fala de jogos educacionais é imprescindível a reflexão acerca da relação entre o jogo e o conteúdo educacional que se quer ver transmitido. Nesse contexto, é fundamental que haja um *framework* para guiar os desenvolvedores no processo de criação do jogo educacional.

Assim, o jogo educacional proposto foi desenvolvido com base no *framework* Modelo de *Design* de Jogos Educacionais [30]. Este foi o modelo escolhido por ser simples e por colocar em igual patamar de interesse e relevância os pilares de *game design*, de pedagogia e de modelagem do conteúdo de aprendizagem. A Figura 3.1 mostra como neste trabalho cada pilar foi abordado.

A seguir, apresentar-se-á com mais detalhes como cada aspecto do *framework* foi desenvolvido no jogo.

3.1.1 *Game Design*

O pilar do *game design* é o responsável pela parte lúdica e de interatividade do jogo. Esses elementos são necessários pois devem gerar a diversão, a imersão e o engajamento do jogador por meio do enredo, das múltiplas mídias e dos objetivos claros.

3.1.1.1 Comunicabilidade

Este projeto não foi avaliado e testado pela norma ISO 9241 como sugerem os autores Ibrahim e Jaafar [30]. Entretanto, após a conclusão da primeira versão do protótipo funcional do jogo, foi feita a avaliação Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC), que é explicada no capítulo anterior. Essa avaliação tem o objetivo de encontrar falhas de comunicabilidade dos signos estáticos e dinâmicos. Depois de encontradas as falhas de comunicabilidade foram sugeridas possíveis melhorias e maneiras aplicá-las e implementá-las.

Tabela 3.1: Ementas do primeiro semestre do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade de Brasília.

Disciplina	Código	Departamento	Ementa
Cálculo 1	113034	MAT - Departamento de Matemática.	Funções de uma variável real, limite e continuidade, derivada, integral, aplicações da integral.
Introdução aos Sistemas Computacionais	113468	CIC - Departamento de Ciência da Computação	Os cursos de graduação em computação da UnB. Normas e currículos. Histórico e evolução da computação. Conceitos básicos de eletricidade e eletrônica digital. Representação de Dados. Introdução à Álgebra Booleana. Noções básicas de organização e arquitetura de computadores.
Fundamentos Teóricos da Computação	113450	CIC - Departamento de Ciência da Computação	Estudo de fundamentos de lógica, técnicas de prova, indução matemática, teoria de conjuntos, análise combinatória, funções, recursão, relações em conjuntos.
Algoritmos e Programação de Computadores	113476	CIC - Departamento de Ciência da Computação	Princípios fundamentais de construção de programas. Construção de algoritmos e sua representação em pseudocódigo e linguagens de alto nível. Noções de abstração. Especificação de variáveis e funções. Testes e depuração. Padrões de soluções em programação. Noções de programação estruturada. Identificadores e tipos. Operadores e expressões. Estruturas de controle: condicional e repetição. Entrada e saída de dados. Estruturas de dados estáticas: agregados homogêneos e heterogêneos. Iteração e recursão. Noções de análise de custo e complexidade. Desenvolvimento sistemático e implementação de programas. Estruturação, depuração, testes e documentação de programas. Resolução de problemas. Aplicações em casos reais e questões ambientais.
Informática e Sociedade	116726	CIC - Departamento de Ciência da Computação	Fundamentos de sociedade, informática e conhecimentos técnico-científico; Desenvolvimento tecnológico, aplicações e perspectivas da informática; Impactos da tecnologia de informática; Informática no Brasil.

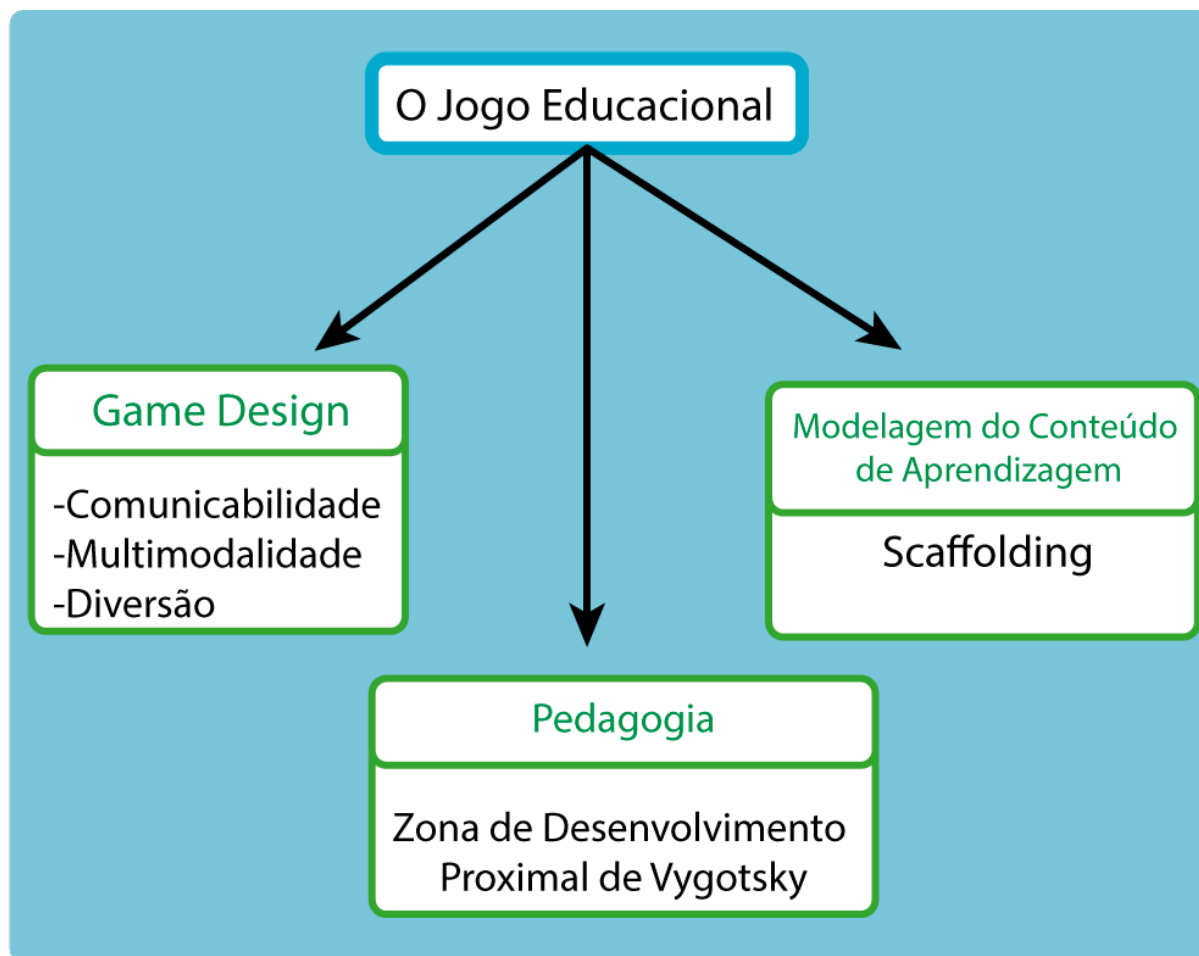


Figura 3.1: *Framework* resultante para este trabalho.

3.1.1.2 Multimodalidade

A apresentação do jogo é feita de vários modos (multimodalidade). Os autores Ibrahim e Jaafar (2009) [30] consideram como multimodalidade tanto a parte de múltiplas mídias do jogo como a interatividade. Para jogos digitais, a existência de múltiplas mídias, como sons, animações e gráficos são, via de regra, indispensáveis. No entanto, a diferença entre os jogos reside nos níveis de complexidade de cada um. Neste trabalho, por se tratar de um jogo educacional, foca-se menos nos aspectos de mídia, deixando-os simples, porém eficazes.

Já em relação à interatividade, o jogo foi desenvolvido para que haja, sempre quando possível, na interação do jogador, algum tipo de *feedback* imediato, quer seja sonoro quer gráfico, em conjunto ou isolados.

3.1.1.3 Diversão

Os autores do modelo usado para desenvolver o jogo usam os conceitos de Malone (1980) [37] sobre o que constitui diversão em um jogo de computador com foco em jogos educacionais. De acordo com os autores, para a criação de um bom e divertido jogo é necessário que este esteja organizado em três categorias: desafio, fantasia e curiosidade.

Desafio: O jogo por si só foi desenvolvido como uma ferramenta de prática de conceitos ensinados em sala de aula, baseada em solução de problemas. Assim, todo o jogo é composto de pequenos desafios e *puzzles*, que deverão ser resolvidos para que o jogador avance no jogo. Além disso, os autores afirmam que "Para que um jogo de computador seja desafiador, ele tem que prover objetivos [...]"[37]. No jogo todos os desafios são introduzidos com uma explicação clara do objetivo de cada *puzzle*.

Fantasia: Ainda de acordo com Malone (1980) [37], a fantasia é uma parte essencial na medida em que torna o jogo mais interessante para o jogador por aguçar sua imaginação, tornando verossímil que tanto objetos como situações sociais ocorram em um mundo real ou irreal.

A Fantasia, no contexto de jogos, é sinônimo para enredo [23]. Colocando os objetivos educacionais adequadamente dentro de uma história interessante, os jogadores ficam mais motivados a vivenciarem o contexto, tornando a experiência do aprendizado mais desafiadora e significativa [23]. O jogo desenvolvido neste trabalho se passa em um tempo futuro, sendo que o jogador deverá desempenhar o papel de um piloto de nave espacial, cuja missão é usar seus conhecimentos e práticas para consertar uma nave muito antiga e importante para a vida na terra, que está à deriva no espaço.

Curiosidade: Malone (1980) [37] define que "Curiosidade é a motivação para aprender, independentemente da conquista de objetivos ou da realização da fantasia. Jogos de computadores podem evocar a curiosidade de aprendizado promovendo um ambiente [...] que não seja nem muito complicado nem muito simples, de acordo com o conhecimento atual do jogador."². Assim, o jogo foi desenvolvido com subobjetivos que dão sustentação à conclusão dos objetivos principais; nesse passo, os jogadores seguem construindo e fortalecendo conhecimentos, ao mesmo tempo em que são desafiados em direção aos objetivos principais. No decorrer do jogo, a partir da escolha do jogador em direção ao objetivo principal, os subobjetivos não mais poderão ser acionados.

²Tradução livre

3.1.2 Modelagem do Conteúdo de Aprendizagem

O pilar da modelagem do conteúdo de aprendizagem foi desenvolvido usando *scaffolding* estáticos, ou *hard scaffolding*, e conceitual, pois o conteúdo acadêmico que será disponibilizado é correspondente e específico a cada grupo de *puzzles*, e que desaparecem programaticamente. O *scaffolding* estático é apresentado de várias formas no jogo. A primeira é constituída de pequenas dicas visuais na tela de cada *puzzle* as quais aparecem de maneira mais explicativa no primeiro nível, tornando-se mais simbólicas à continuação, para finalmente desaparecer na última fase. A segunda é o painel de ajuda, que disponibiliza os conteúdos acadêmicos necessários para resolver os *puzzles*. Este painel pode ser acessado pelo jogador quantas vezes desejar.

A terceira forma de *scaffoldings* são os próprios *puzzles*. O jogo é dividido em objetivos principais e subobjetivos. Os subobjetivos são o ambiente de aprendizado e prática do jogador, onde ele terá acesso as outras formas de *scaffoldings* disponíveis. O jogador pode utilizar os subobjetivos quantas vezes entender necessário para completar o nível principal. Na primeira vez, o jogador é obrigado a seguir a sequência de sub-níveis, porém, depois de completá-los, pode retornar a eles sem que tenha de observar qualquer ordem. Quando o jogador se sentir apto para completar o objetivo principal, todos os *scaffoldings* são retirados (*fading*) e assim testa-se o conhecimento consolidado nos outros níveis.

3.1.3 Pedagogia

O pilar de pedagogia, como descrito no capítulo anterior, é responsável por garantir que o jogo transmita conhecimentos de maneira clara e efetiva. Usando o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky, o jogo foi desenvolvido de maneira que, com os conhecimentos atuais do jogador e com a ajuda das ferramentas de modelagem de conteúdo de aprendizado, na forma descrita acima, ele consiga, por meio da prática e solução de problemas, avançar nos níveis e assim consolidar o conhecimento do conteúdo de sistemas numéricos e conversão de bases e aritmética básica de binários. Assim, o jogo é baseado em treinamento para que um desafio maior seja enfrentado.

Para o treinamento, o desafio principal é desdobrado em pequenas e mais simples tarefas para que o jogador dê a devida atenção e se concentre em aprofundar e praticar o conceito do *puzzle*. Quando do término do treinamento, que tem suas fases com dificuldade aumentada gradativamente, surge o desafio principal, que para ser sobrepujado necessita de que todos os conhecimentos e práticas do treinamento anterior sejam usados. Assim, quando o jogador chegar ao desafio principal, será possível aferir se seu conhecimento foi aprimorado, comparando-se as ferramentas conceituais à sua disposição com as que ele tinha antes de jogar o jogo, criando assim a ZDP de Vygotsky para o jogador.

3.2 Aplicação

A aplicação dos experimentos começou com um pré-teste, que foram questões sobre o assunto didático do jogo dentro da prova da disciplina. Essas questões foram iguais para as turmas de experimento e controle, que tiveram provas em mesmo dia e horário. Como mostra a Figura 3.2.



Figura 3.2: Cronograma do experimentos.

Já aplicação do jogo foi feita em uma aula de laboratório da turma de experimento, dias após os alunos terem feito a prova sobre a matéria do jogo, além de outras ministradas na disciplina. Os alunos tiveram de baixar nas máquinas do laboratório de informática da Universidade o jogo que estava disponibilizado na plataforma didática da instituição. Devido a um problema no decorrer do jogo, esse foi dividido em duas partes. Quando do término da primeira parte do jogo, os usuários deveriam baixar a segunda parte do mesmo local. Isso não afetou a coleta de dados de telemetria comportamental.

Após o término da segunda parte do jogo o usuário deveria responder a um questionário pessoal *online* sobre o jogo. Esse questionário foi uma adaptação e tradução das questões do *EGameFlow*. Para a adaptação do questionário, mais especificamente, foi retirada a seção sobre a interação social, pois é um jogo *single player*; além de outras questões que foram consideradas não pertinentes ao contexto do jogo criado.

Nos trinta minutos restantes da aula, foi aplicado um teste de conhecimento. Esse teste foi aceito e formatado pelo professor da disciplina, sendo semelhante às provas ministradas anteriormente. O mesmo teste foi aplicado na turma de controle pelo mesmo período de tempo. Para os testes e aplicação do jogo foi vetada a utilização de calculadoras, contudo foi autorizado o uso de papel e lápis no auxílio dos cálculos.

Após três semanas, foi aplicado nos 30 minutos finais das aulas da turma experimental e a de controle um teste com o mesmo formato aplicado pós jogo, todavia com valores novos.

3.3 Ambiente de desenvolvimento

O jogo deve executar nos sistemas operacionais Windows 10, assim como MacOS X El Capitan. Foi desenvolvido na Unity versão 5.3.3f1, um *software* que auxilia e otimiza a produção de jogos 2D e 3D para múltiplas plataformas. A linguagem de programação utilizada para a implementação da lógica e mecânicas do jogo foi a linguagem C#, com o auxílio do ambiente de desenvolvimento integrado MonoDevelop versão 5.9.6. Para auxiliar no desenvolvimento, também foi usado a ferramenta de versionamento Git junto com o gerenciador de Git chamado BitBucket.

Todas as ilustrações de interface foram feitas por esta pesquisadora, com a ajuda de designers gráficos usando ferramentas como Photoshop CC 2015 e Illustrator CC 2015.

3.3.1 Unity *Engine*

Unity Game Engine é uma plataforma de criação de jogos 2D e 3D. *Engine* é composto pelos principais componentes de software para a criação de um jogo, como renderização gráfica, calculo de colisões, componente de áudio entre outros [22]. Assim, o uso de *engines* facilita que os desenvolvedores de jogos foquem nas regras de jogo, arte e *gameplay*.

A Unity Game Engine possui uma arquitetura baseada em componentes, o que significa que o *software* é desenhado para que os comportamentos seja quebrados em componentes simples e de fácil reutilização [21]. Essa arquitetura possui vantagens como evitar heranças complexas, os objetos do jogo contém somente os componentes que necessitam. Como, por exemplo, os signos estáticos de interface de usuários só teriam componentes de renderização de imagens, enquanto objetos como o personagem do jogador teria componentes como: colisão, áudio, renderização, entre outros.

3.4 Conclusão deste capítulo

Neste capítulo mostrou-se como os conceitos que foram estudados e apresentados no Capítulo 2 foram usados para construir a base teórica do jogo que foi implementado. O próximo capítulo irá apresentar de maneira mais categórica como o jogo foi implementado levando em consideração os alicerces teóricos escolhidos e agrupados neste capítulo.

Capítulo 4

Implementação

Neste capítulo explica-se com mais detalhes a implementação do jogo. Começa-se com o enredo, passando pela explicação dos *puzzles*, em seguida apresenta-se a forma que foi implementada a telemetria comportamental, chegando à validação de comunicabilidade feita através da avaliação Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) e resultando em modificações finais para melhorar os pontos de comunicabilidade que se mostraram falhos. E por último, fala-se sobre os resultados obtidos no questionário EGameFlow e nos testes de conhecimento.

4.1 O jogo

O enredo é uma parte fundamental do *design* do jogo. É nele que se inserem, dentro de um contexto imersivo, todos os objetivos de maneira clara. O enredo ou narrativa do jogo desenvolvido neste trabalho se passa no futuro e dentro de uma nave que está atualmente à deriva no espaço. O jogo é um *role-playing game*, o que significa que o jogador deve se colocar no lugar do personagem para poder sobrepujar as dificuldades e alcançar os objetivos.

A trama é apresentado ao jogador com figuras que ilustram os acontecimentos descritos nas caixas de diálogo. Para tornar essa experiência menos monótona, todo o texto é colocado dinamicamente letra por letra na tela. Como mostra a Figura 4.1, a arte é colorida, detalhista e dinâmica. Todos os *story boards* usados nesse jogo foram criados pela *designer* gráfica Jéssica Leal, usando de base o enredo criado em conjunto por esta pesquisadora e Felipe Dalla Torre.

O jogo se passa em um futuro não tão distante, onde as reservas de minério do nosso planeta acabaram e a única saída que os humanos encontraram foi minerar em outros corpos celestes. Grandes naves foram construídas para transporte e bases de mineração foram abertas em planetas e luas tanto dentro quanto fora de nosso sistema solar. As

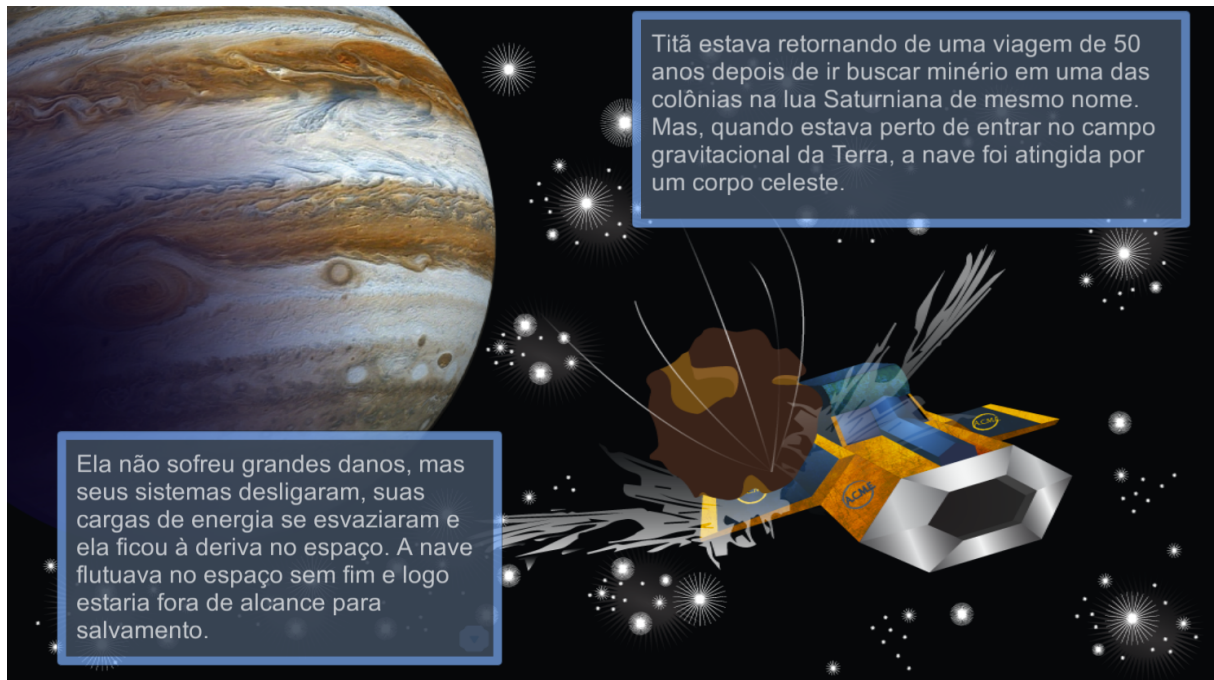


Figura 4.1: Tela do jogo: enredo.

viagens que as naves de transportes faziam eram em geral muito longas, portanto a maioria delas não era tripulada. A maior e mais eficiente dessas naves se chama Titã. Ela foi uma das primeiras a serem construídas, mas seu design e o trabalho investido nessa foram tais que ela sempre teve um desempenho e resistência acima da média.

Durante uma das viagens, em que ela trazia minérios de volta da lua de Saturno com o mesmo nome dela, ela foi atingida por um corpo celeste e seus sistemas foram desligados, deixando a nave à deriva no espaço, mas perto da Terra. Os responsáveis pelas agências espaciais montaram uma força tarefa para decidir o futuro da nave. Eles decidiram mandar um astronauta para reativar os sistemas dela, uma vez que perder tanto a nave quanto a carga que ela transportava teria um prejuízo grande para a Terra. Desta forma, o piloto iniciante, Corpe, é escolhido para ir o mais rápido possível resgatar a nave, o que significa reativar as turbinas e ativar o sistema de energia emergencial para que a nave consiga voltar à Terra em segurança e com os minérios tão valiosos e esperados. Porém, o sistema da nave é antigo e já pouco usado naquela época; nesse cenário, para cumprir sua missão, Corpe terá a ajuda de Miriam, uma engenheira de Computação, que o guiará pelas funcionalidades da nave. Miriam prepara um treinamento para Corpe, para que ele passe pelos sistemas de segurança da nave e ative as turbinas e o sistema de energia emergencial. Se ele obtiver sucesso a nave retornará com ele para terra, mas se falhar ele ficará a deriva no espaço.



Figura 4.2: Tela do jogo: diálogo.

O desenvolvimento do jogo levou 6 meses. A temática espacial foi escolhida e desenvolvida por conta da identidade dos puzzles. A utilização de válvulas para ativação de um sistema se encaixa bem com uma temática de antigo e em geral histórias que tratam do espaço são ligadas à tecnologia.

A parte inicial que corresponde história e a primeira parte do diálogo do jogo pode ser vista pelo link: <https://youtu.be/ucngjUpxc7w> .

4.2 Os puzzles

Os *puzzles* são a base do jogo. O jogo é composto por dois *puzzles* principais: a ativação das turbinas e a ativação do sistema de energia emergencial da nave. Além disso, para cada *puzzle* principal existe uma conjunto de *mini-puzzles* que vão auxiliar o jogador a completar com êxito os *puzzles* principais. Esses *mini-puzzles* são acionados dentro do jogo de treinamento.



Figura 4.3: Personagens: Corpe e Miriam.

4.2.1 Interface geral do jogo

Todos os *puzzles*, não importando se ele é o principal ou de treinamento, compartilham uma interface de usuário (UI - do inglês *user interface*). A UI é composta pelo signo estático de fusível (mostrada na Figura 4.4), que representa as vidas ou possibilidades que o jogador tem de errar; e pelo signo estático de porta (mostrada na Figura 4.5), que representam os objetivos que devem ou foram alcançados naquele *puzzle*. Todos os *puzzles* possuem três fusíveis e três portas, conseqüentemente para se completar com êxito um *puzzle* é necessário que se abra as três portas e a maneira como essas portas são abertas depende do tipo do *puzzle*. Em contrapartida, para perder o *puzzle* é necessário que se queime três fusíveis, ou seja, erre o objetivo três vezes.

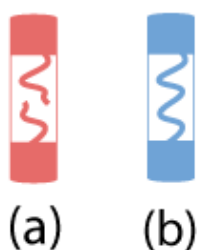


Figura 4.4: Signo estático de fusíveis: (a) queimado e (b) funcionando.

O jogo possui *feedbacks* imediatos sonoros e visuais. Por exemplo, quando o jogador erra o *puzzle*, os fios que conectam as entradas de dados com o *display* ficam vermelhos, um dos fusíveis passa de azul para vermelho, com uma representação como se tivesse se rompido e há dois efeitos sonoros: (i) de fusível explodindo e (ii) de falha elétrica. Além

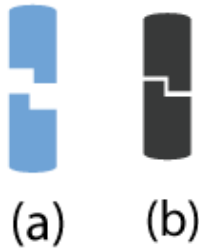


Figura 4.5: Signo estático de portas: (a) aberta e (b) fechada.

disso, todas as fases possuem um título na parte superior para evitar que o jogador se confunda nos objetivos, pois, como mostrado acima, as interfaces são muito similares, e também um pequeno diálogo ou um monólogo para explicar o objetivo do *puzzle* ou funcionalidades quando são apresentadas pela primeira vez.

4.2.2 Treinamento para ativação das turbinas

Os *puzzles* de treinamento de ativação da turbina têm como princípio a prática de conversão entre diferentes representações de dados. Assim, o treinamento é composto por quatro fases ou *puzzles* que vão evoluindo de nível de dificuldade à medida em que o jogador completa uma fase e pode seguir para a próxima. Mais especificamente, as fases têm como objetivo a prática de conversão: na primeira fase de decimal para binário 4 bits, na segunda de octal para binário, na terceira de hexadecimal para binário e a quarta de decimal para binário de 8 bits.

Os *puzzles* de treinamento têm como diferença em suas interfaces somente a quantidade de chaves, ou válvulas, interativas (Figura 4.7), que para representarem a conversão de binário para outra base de maneira correta. Por exemplo: para se representar dois dígitos octais é necessário 6 bits, enquanto para representar dois dígitos hexadecimais é necessário 8 bits.

A Figura 4.6 é um exemplo da interface dos *puzzles* de treinamento que é composto por:

Fusíveis: que representam quanto o jogador errou ou pode errar.

Portas: que representam quantos objetivos foram alcançados e quantos faltam para completar o *puzzle*.

Autenticador: que mostra o objetivo atual no *puzzle*. Para que o jogador conquiste o objetivo, o *display* do sistema interativo deve mostrar o mesmo número que o



Figura 4.6: Tela do *puzzle* de conversão.

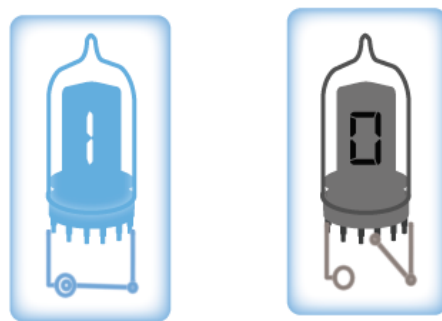


Figura 4.7: Representação binária: (a) válvulas ligada e (b) desligada.

autenticador, o que significa que o jogador conseguiu converter corretamente as bases pedidas na fase.

Botão de ajuda: como mostrado na Figura 4.6, é o botão a ser acionado para abrir o painel de conteúdo complementar.

O sistema: o sistema em si e é composto por:

Chaves das válvulas: são botões interativos que ao serem acionados trocam o estado de fechado para aberto. Quando uma chave está aberta representa o número binário 1, quando a chave está fechada representa o número binário 0. As chaves só podem ser modificadas quando o sistema estiver desligado.

Display: onde é mostrado a conversão de binário, na base da fase, os dados colocados nas chaves abaixo dele. Para o usuário ganhar, a informação deste *display* deve ser a mesmo do autenticador.

Chave principal do sistema: é um botão interativo que fica ao lado direito do sistema e que tem a função “liga/desliga”. Quando o sistema é ligado as informações contidas nas chaves das válvulas são convertidas para a base numérica do *puzzle*, no caso da Figura 4.6, a base decimal.

4.2.3 Ativação das Turbinas

O objetivo deste *puzzle* é reunir todo o conhecimento praticado nas fases anteriores. Logo, o *design* muda para mostrar que agora o jogador não está mais em treinamento. Como se pode ver nas Figura 4.8, a principal mudança é na cor da *UI*, que passa a ser um verde que lembra os antigos monitores de fósforo verde. As representações das vidas e objetivos não mudam, assim continuam sendo os fusíveis e as portas.

O *puzzle* consiste em transformar a informação estática representada como o *input* em cinza nas outras representações. Tomando como exemplo as Figura 4.8, o sistema numérico binário não pode ser modificado, pois não é interativo e é representado em cinza, e as outras turbinas, que têm o *input* branco abaixo e são interativas. O objetivo deste *puzzle* é que as Turbinas em cinza sejam modificadas para conter a mesma informação nas respectivas bases numéricas descritas acima das turbinas. Quando o usuário estiver satisfeito com as suas respostas ele deve apertar o botão "Ativar Turbinas". Se as informações estiverem corretas todas as turbinas ficam verdes e o próximo conjunto de turbinas é mostrado na tela. Caso haja alguma informação que foi convertida incorretamente, esta turbina aparecerá em vermelho e o usuário continua com o mesmo conjunto de turbinas até que acerte todas.

Como este é um desafio principal, percebe-se que o jogador não tem mais o conteúdo complementar disponível. Se quiser acessar o painel de ajuda, ele deve terminar a fase,

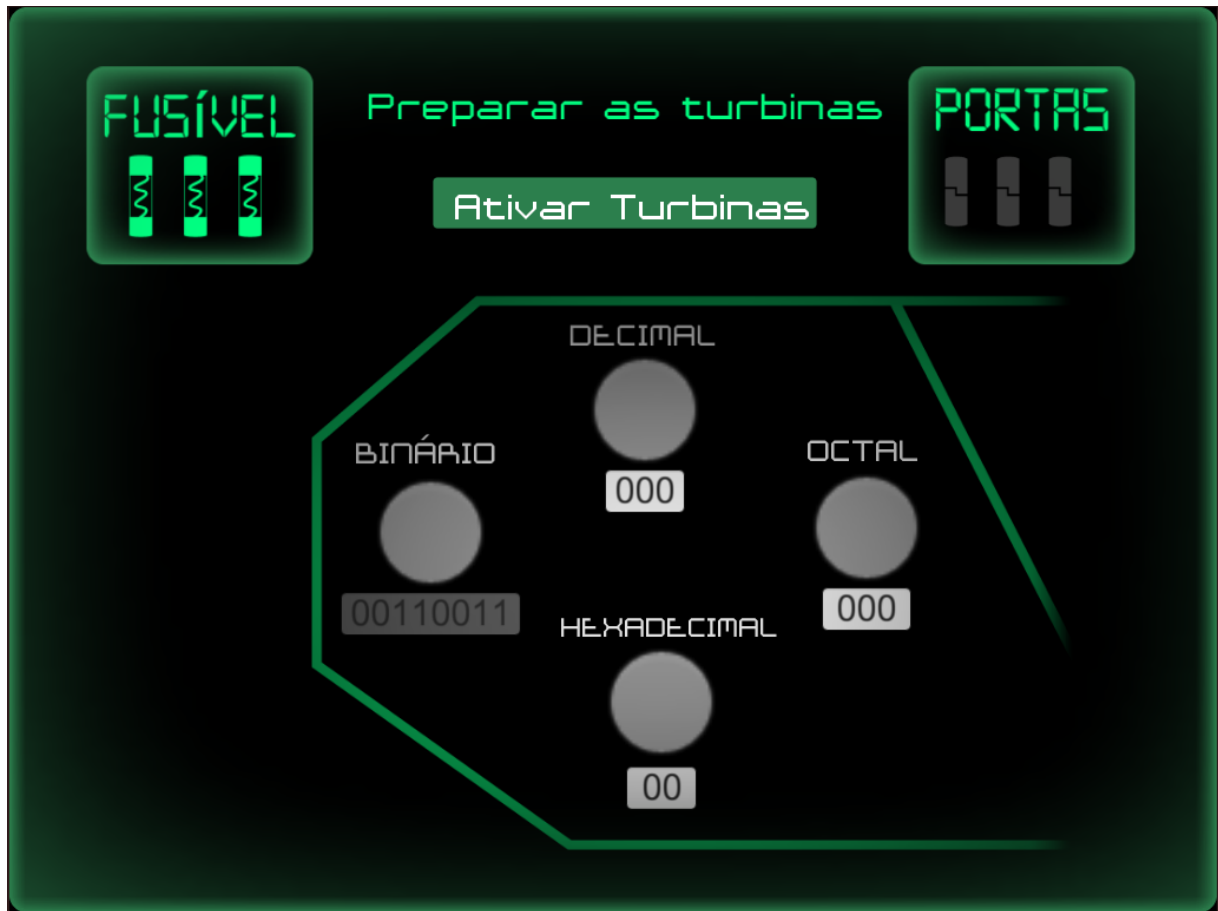


Figura 4.8: Exemplo do painel do *puzzle* de Ativação das turbinas.

não importando se ganhando ou perdendo, e terá que de escolher uma das fases anteriores de treinamento.

4.2.4 Treinamento para ativar sistema emergencial de energia

Os *puzzles* para o treinamento de ativação do sistema emergencial são bem diferentes entre si, pois envolvem vários novos conceitos. Além disso, dão enfoque ao sistema numérico binário e à maneira como esses dados são manipulados pelos computadores.

Porém, como mencionado acima, para se manter uma coesão, os signos estáticos de vida e objetivo são os mesmos utilizados nos desafios descritos, logo o número de tentativas é representado pelos fusíveis e os objetivos alcançados são representados pelas portas. E semelhante aos treinamentos para ativação da turbinas, os objetivos são mostrados no autenticador. Além disso, como em todas as outras fases, há a descrição da fase que, de uma maneira sucinta, mostra o que deve ser feito. No canto à direita encontra-se o botão para acessar o conteúdo didático complementar.

No total, esse conjunto de *puzzles* contém três fases distintas: uma de soma de binários, uma de subtração de binários e uma de representação de números com sinal em complemento a dois.

4.2.4.1 Soma de binários

A interface deste *puzzle* é diferente em relação aos outros *puzzles* de treinamento para a ativação das turbinas (como mostra a Figura 4.9), pois agora tem-se um sistema mais completo com duas entradas que se ligam a um *chip*, que mostra a operação que ele calcula e o resultado que é mostrado na saída. Para se conseguir alcançar o objetivo é necessário que o *display* da saída possua o mesmo resultado do autenticador.

Contudo o jogador só pode interagir com uma das entradas, a do canto inferior direito. Para mostrar essa diferença de usabilidade e interatividade para o jogador, pode-se notar que tanto a saída como a entrada à esquerda são compostas de cores mais escuras, diferenciando-se da entrada à direita que possui cores mais claras e a chave geral.

A mecânica do *puzzle* consiste em determinar qual número binário deve ser colocado na entrada interativa, de modo que a soma dessa com a segunda entrada à esquerda forneçam o resultado esperado que deve ser o mesmo do autenticador.

4.2.4.2 Subtração de binários

A interface desse *puzzle* é muito parecida com a de soma de binários, com uma diferença de que ao invés do *chip* central ter o símbolo de soma ele tem o símbolo de subtração.

Outra observação importante é que agora cada entrada terá um papel específico na equação de subtração, sendo a entrada não interativa, a que é representada por cores mais escuras, sempre o minuendo e a entrada interativa, a com cores mais claras, sendo sempre o subtraendo. Essa determinação foi necessária, e explicada para o jogador durante o início da fase, pois, diferentemente da soma, na subtração as ordens dos fatores altera o resultado e também porque neste ponto do jogo, ainda não foi introduzida, ao jogador, a representação binários dos números negativos.

4.2.4.3 Representação de binários negativos com complemento a dois

A interface desse *puzzle* é semelhante a dos treinamentos da ativação das turbinas. Assim, contém apenas as válvulas que se conectam ao *display*. Os objetivos serão todos números negativos que aparecerão no autenticador e a representação binária negativa será a de complemento a dois, logo terá *signed bits* ou bit de sinal, o que significa que o primeiro bit indicará se o número é negativo ou positivo.

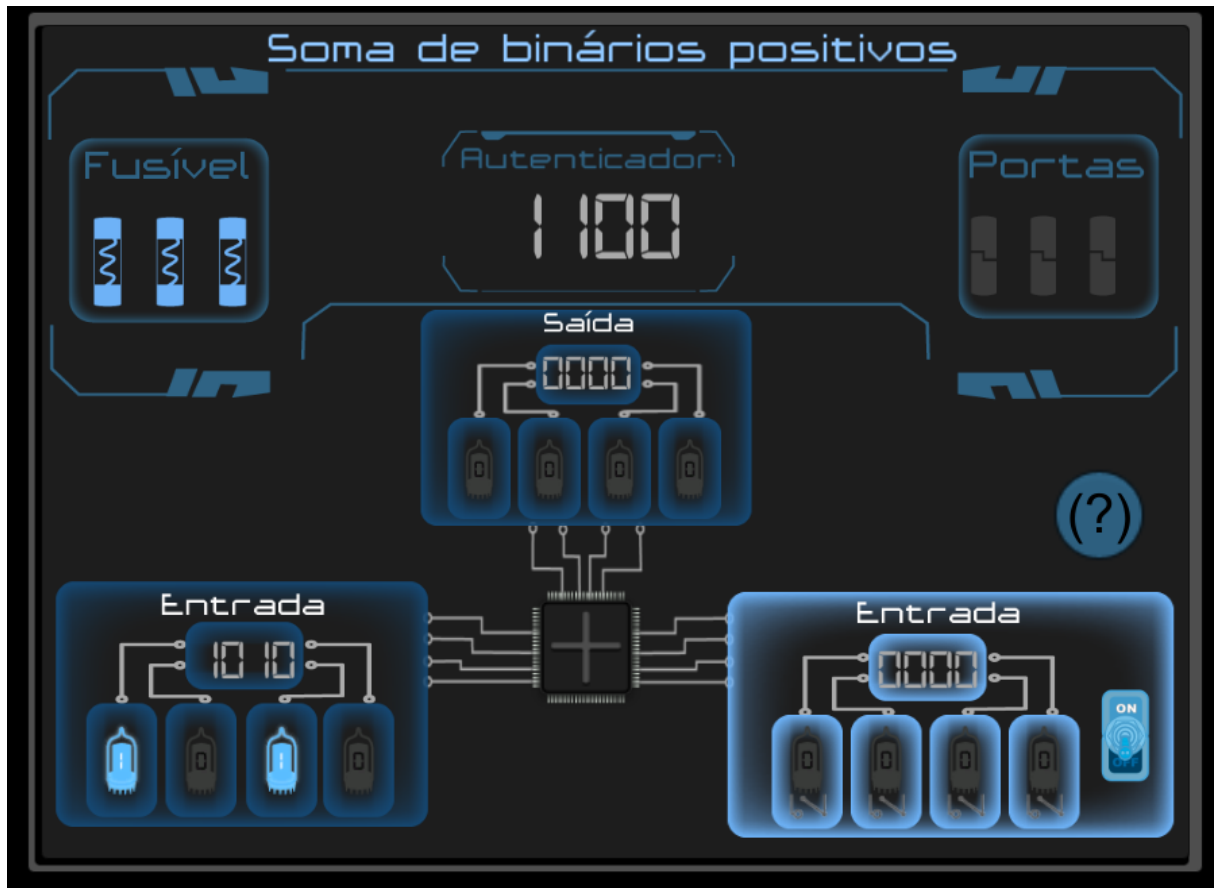


Figura 4.9: Tela do desafio de soma de binários.

4.2.5 Ativação do sistema emergencial de energia

O *puzzle* de ativação do sistema emergencial de energia tem a proposta de unir todos os conceitos trabalhados no treinamento e colocá-los em prática. Assim como visto anteriormente, no desafio das turbinas todos os recursos de ajuda são retirados para ser verificado se houve uma evolução e consolidação dos conceitos trabalhados por meio dos desafios anteriores.

Ainda como visto no desafio das turbinas, a interface muda de cor e passa a ser a mesma cor fósforo verde para dar a impressão de sistema antigo. E, para se assemelhar mais ainda ao desafio das turbinas, foi tirada a chave principal de liga desliga do sistema e trocada por um botão superior, como mostra a Figura 4.10.

Deste modo, o objetivo da fase é fazer com que a saída seja igual ao autenticador. Diferentemente da fase de treinamentos, agora os números possuem a representação do sinal, podendo ser tanto negativos como positivos. Sendo a representação negativa o complemento a dois e o bit mais à esquerda o bit de sinal 0, para quando for positivo, e 1 para quando for negativo.

Porém, não existem mais os *displays*, isso acontece para que seja mais visualmente realista a função das válvulas como a representação dos dados, a válvula ligada sendo 1 e a válvula desligada sendo 0.

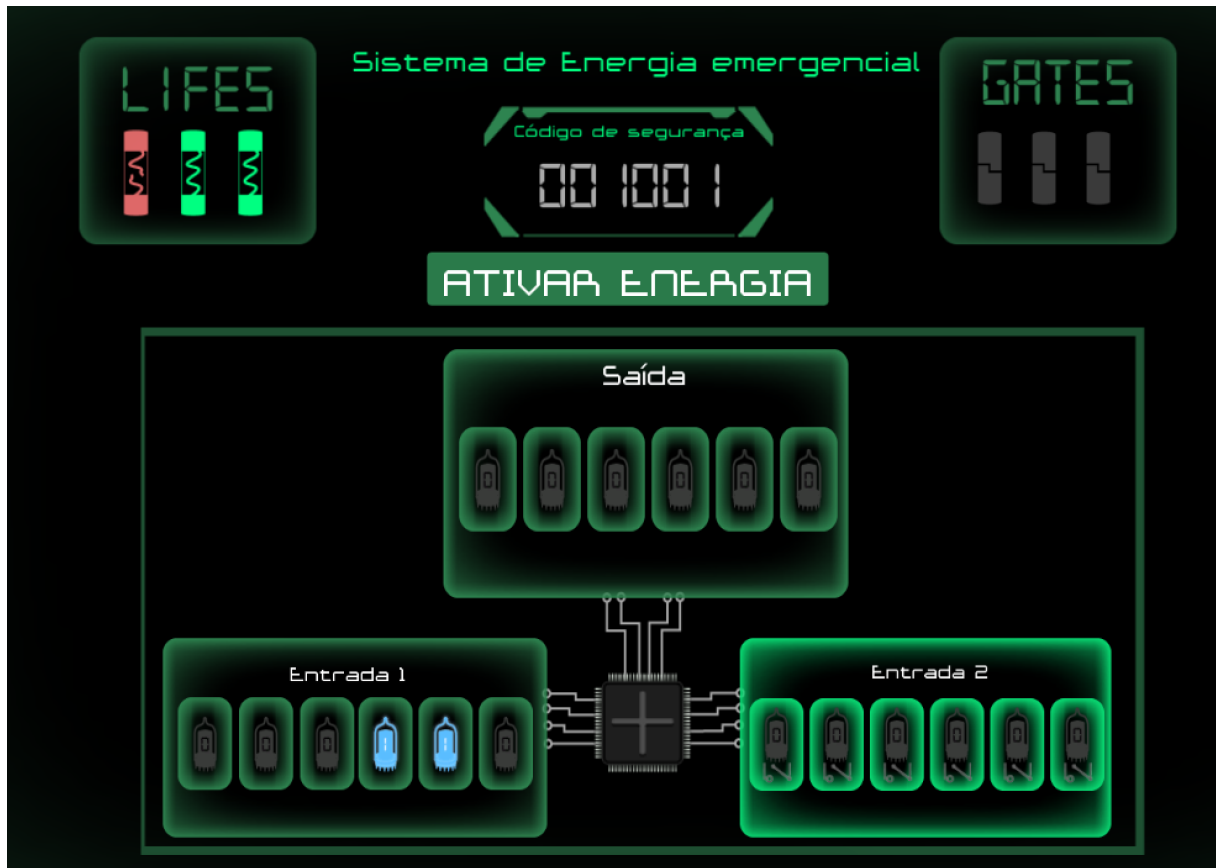


Figura 4.10: Tela do desafio de ativação do sistema emergencial de energia.

4.2.6 Painel de conteúdo complementar

A Figura 4.11 mostra como o conteúdo complementar é apresentado para o jogador. Para cada treinamento há um material didático preparado com o conteúdo relacionado. Por exemplo, os treinamentos para a ativação das turbinas e como mostrado na Figura 4.11, os conteúdos didáticos disponíveis são: uma breve introdução a sistemas numéricos e mais especificamente os sistemas numéricos binários, octal e hexadecimal.

Assim, quando o usuário aperta o botão de ajuda, o menu de conteúdos didáticos é mostrado e ocupa metade da tela. Isso foi feito com a intenção de o jogador não perder o foco do jogo, tentando evitar assim que se perca a imersividade, pois sempre estará na sua visão o *puzzle* onde ele parou.



Figura 4.11: Painel de Ajuda.

No menu, os quadrados azuis são botões que abrem uma segunda tela onde está o conteúdo acadêmico. Para voltar ao menu basta clicar no botão "voltar" do canto inferior. Esse botão é igual para todos os painéis com o conteúdo didático. E para sair do menu

basta clicar no botão inferior "sair"; o jogador, então, voltará para a tela do *puzzle* no mesmo estado em que se encontrava ao abrir o painel de ajuda.

O painel de ajuda pode ser acessado quantas vezes o jogador quiser e por quanto tempo ele achar necessário, sem influenciar na jogabilidade. Porém, isso só acontece quando o jogador está no modo de treinamento, pois uma parte importante da teoria do *scaffolding* é o *fading* da ajuda e isso ocorre até que o usuário decida que já está preparado para terminar o treinamento e ir para o desafio final.

4.3 Programação

Como visto no capítulo anterior, a *engine* usada para auxiliar este trabalho é construída a partir de arquitetura baseada em componentes. Assim, toda a parte de programação é composta por componentes chamados *scripts* que devem ser classes em linguagem C# que devem herdar da classe *MonoBehaviour* para conseguir acessar os outros componentes implementados pela Unity.

Os *puzzles* são compostos basicamente por uma de duas classes: com um sistema ou com vários sistemas. Assim, cada *puzzle* possui uma classe de controle que gerenciará os outros componentes e o *loop* do jogo. Essas classes são as *Single System* ou *Multiple System*, que estendem uma classe chamada *Game Manager* que possui informações e funções de deviam aparecer nas duas classes como mostrado na Figura 4.12.

Essas classes são muito interessantes pois tornam fáceis a implementação dos *puzzles*, principalmente por serem muito flexíveis. A flexibilidade se dá pelo fato de o desenvolvedor ao fazer um *puzzle* poder escolher a quantidade de bits, em que base o sistema irá estar e a extensão do objetivo mínimo e máximo. Com essas informação o *Game Manager* consegue calcular e definir todos os sistemas do *puzzle*, garantindo que todo objetivo seja alcançado nas devidas condições, pois estes são gerados dinamicamente e aleatoriamente. Concluindo, todos os *puzzles* de conversão de bases têm a mesma base de componentes (mudando somente a quantidade de *switches*) e o mesmo *script* de gerenciamento, a única diferença entre eles é como as variáveis são determinadas.

Assim como o gerenciamento dos *puzzles* foi pensado para ser flexível, se adequando o melhor possível a cada desafio. Os sistemas, que pode ser o componente de interatividade gerenciada pelo *Game Manager*, são componentes compostos por vários outros componentes facultativos, conforme Figura 4.13. Caso se deseje que um sistema com *input* não interativo, deve-se criar um objeto que não tenha o *Master Switch* nem os *switches* da válvula, pois este são os componente interativos do sistema. Porém mesmo tirando esses componentes o sistema se comporta adequadamente gerenciado pelo seu *Game Manager*.

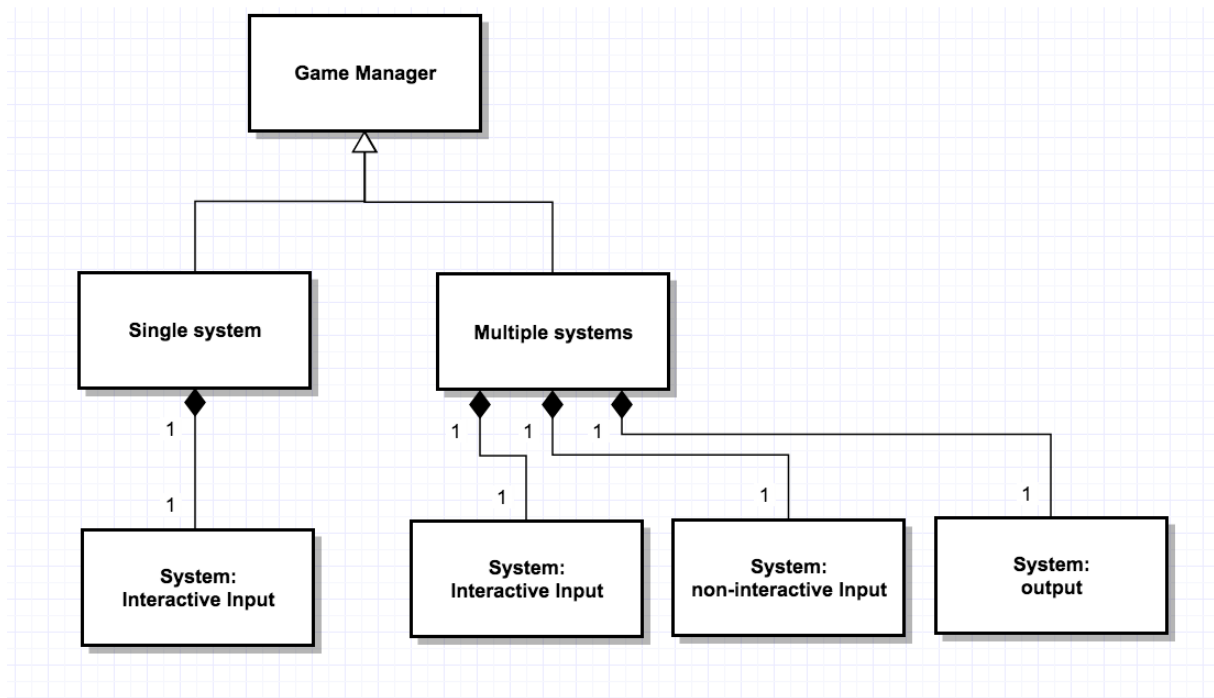


Figura 4.12: Diagrama básico do funcionamento dos puzzles.

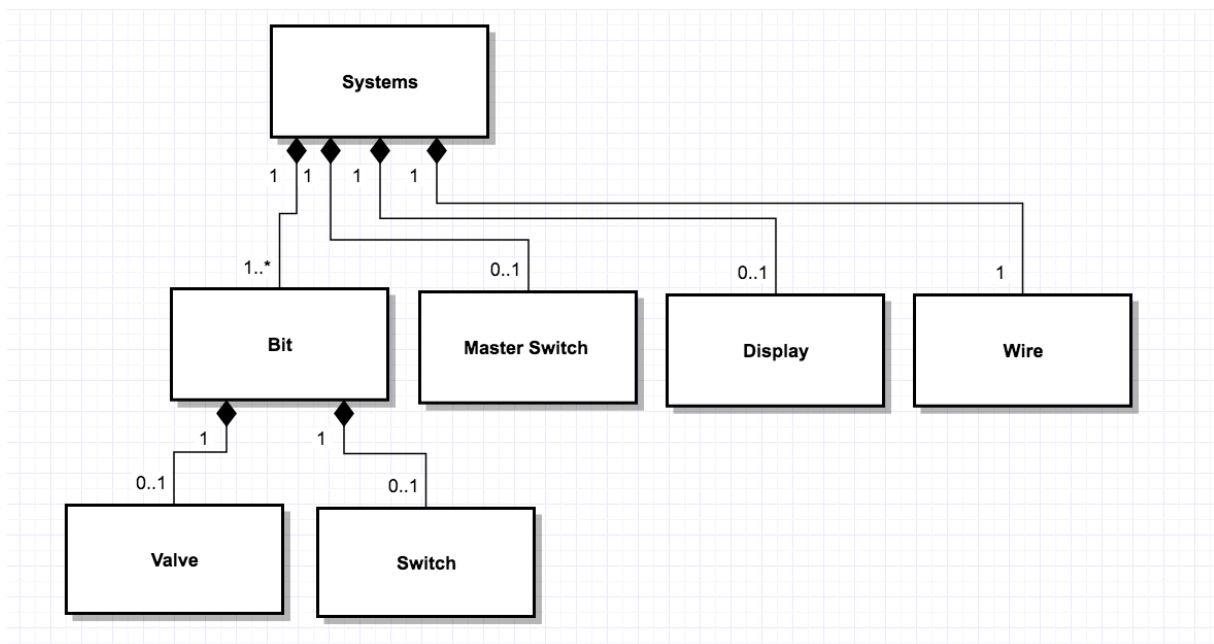


Figura 4.13: Diagrama básico dos componentes de um sistema.

4.4 Telemetria comportamental *in game*

A telemetria comportamental é muito importante para que se entenda como o usuário utiliza o jogo, ou seja, o padrão de comportamento do jogador quando no jogo. A telemetria comportamental usada no jogo foi implementada de maneira que ao final de cada *puzzle* os dados coletados do jogador durante aquela fase fossem enviados para o servidor. Assim, para implementar esse envio de dados foi utilizada uma classe em C# criada pela própria *engine*, Unity, chamada de classe *WWW*. Essa classe, através de protocolos *HTTP* manda informações pelo método *POST* para um servidor. Os dados são enviados em formato JSON (*JavaScript Object Notation*), que é um sintaxe de armazenamento e transferência de dados.

O servidor utilizado é uma planilha do Google Drive. Para que isso aconteça foi necessária a criação de um Google App Script, que é uma linguagem JavaScript na nuvem, que promove interação e automatização de tarefas nos e entre produtos do Google. Assim, quando o jogador termina uma fase, os dados são organizados no formato JSON e são enviados para a o servidor Google Drive, que tratam as informações e as organizam em planilhas. Para cada usuário, ao iniciar o jogo, é pedido que entre com um nome e um email. Essas informações são necessárias, para gerar uma planilha com nome único.

Juntamente com os professores, a orientadora deste trabalho e com o professor que ministra a disciplina Introdução aos Sistemas Computacionais (ISC), foram levantados os seguintes dados considerados relevantes para esta pesquisa, mostrados na Figura 4.14:

1. O nome do nível: este nome foi o utilizado para a implementação do jogo, logo é composto por um número que significa a sua posição no fluxo de cenas no jogo, e um nome que explica o que é feito ou qual é o desafio. Então, utilizando como exemplo a primeira entrada da planilha, essa foi registrada como "4.binariotodecimal".
2. Data: A data corresponde ao dia e mês e hora completa(horas, minutos e segundos) em que a fase terminou.
3. Duração do Nível: essa duração corresponde ao tempo gasto pelo usuário em segundos desde o carregamento da fase até o término.
4. Qt Acertos: esta coluna se refere à quantidade de acertos feitos pelo jogador no *puzzle*.
5. Qt Erros: esta coluna se refere à quantidade de erros cometidos pelo jogador no *puzzle*.
6. Ganhou: é basicamente um booleano que mostra se o jogador terminou porque conquistou a fase ou se terminou porque atingiu a quantidade máxima de erros.

7. Qt de Acessos à ajuda: essa coluna registra quantas vezes o usuário acionou o painel de ajuda.
8. Tempo na ajuda: essa coluna mostra o período total em segundos em que o jogador permaneceu com o painel de ajuda ativo. Este período é aditivo por *puzzle*, logo se o jogador acessou o painel duas vezes, o tempo mostrado é a soma dos períodos em que ele permaneceu com o painel de ajuda ativo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Nome do nível	Data	Duração do nível	Qt Acertos	Qt Erros	Ganhou	QT Acessos a ajuda	Tempo na ajuda	
2	4.binariotoddecim	Sep 14 2016 10:22:23	40.43207	3	1	TRUE	1	1.985168	
3	5.binariotooctal	Sep 14 2016 10:24:03	95.36269	0	3	FALSE	0	0	
4	5.binariotooctal	Sep 14 2016 10:24:19	14.3728	0	3	FALSE	0	0	
5	5.binariotooctal	Sep 14 2016 10:25:05	43.42553	3	1	TRUE	0	0	
6	6.binariorohexad	Sep 14 2016 10:26:37	86.87831	3	2	TRUE	0	0	
7	7.binarioroddecim	Sep 14 2016 10:28:40	118.7008	3	1	TRUE	0	0	
8	7.Turbinas	Sep 14 2016 10:43:18	875.9719	5	4	FALSE	0	0	
9	7.Turbinas	Sep 14 2016 10:52:23	542.3838	8	6	TRUE	0	0	
10	9.SomaBinarioS	Sep 14 2016 10:55:55	62.42163	3	0	TRUE	1	5.781284	
11	10.SubtracaoBin	Sep 14 2016 10:57:45	108.3171	3	1	TRUE	0	0	
12	11.Complementc	Sep 14 2016 11:00:01	134.5592	1	3	FALSE	0	0	
13	11.Complementc	Sep 14 2016 11:01:32	89.24928	1	3	FALSE	0	0	

Figura 4.14: Exemplo de planilha gerada pela telemetria comportamental.

4.5 Avaliação do jogo pelo Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC)

A avaliação Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) foi feita para testar a comunicabilidade do sistema. Mais especificamente, se o *design* do jogo estava intuitivo o bastante para que o usuário, em sua primeira experiência com o jogo, não ficasse confuso ou perdido, consequentemente evitando a frustração e a perda da imersão.

A avaliação MAC foi feita com 3 pessoas que conheciam o assunto abordado no jogo - a representação de dados e a aritmética básica de binários-, pois o perfil do usuário final seria de alunos que aprenderam o conteúdo acadêmico contido no jogo, evitando, dessa forma, possível falta de comunicabilidade por desconhecimento do usuário com relação ao conteúdo e não por signos mal interpretados ou mal projetados.

Todos os participantes fizeram as mesmas tarefas que podem ser resumidas em concluir o jogo. Mais especificamente todos tiveram que acompanhar e entender a história e os diálogos, fazer todos os *puzzles* de treinamento e fazer os principais na ordem pré-definida do jogo.

Depois de analisar os vídeos dos três participantes da avaliação, que tinham como característica do perfil o conhecimento prévio do conteúdo acadêmico do jogo, foram

encontrados os pontos de ruptura de comunicação e classificados gerando a etiquetas. Em resumo a etiquetagem, Figura 4.15, gerou 19 etiquetas, sendo 7 do usuário 1, 5 do usuário 2 e 7 do usuário 3. Das 19 etiquetas, 3 foram identificadas na tarefa de acompanhar a história e os diálogos, 11 dos *puzzles* de treinamento e 5 dos *puzzles* principais. As etiquetas identificadas foram: por 5 vezes "Ué, o que houve?", por 4 vezes "O que é isso?", por 4 vezes "E agora?", por 3 vezes "Por que não funciona?", por 2 vezes "Cadê?" e por 1 vez "Assim não dá?";

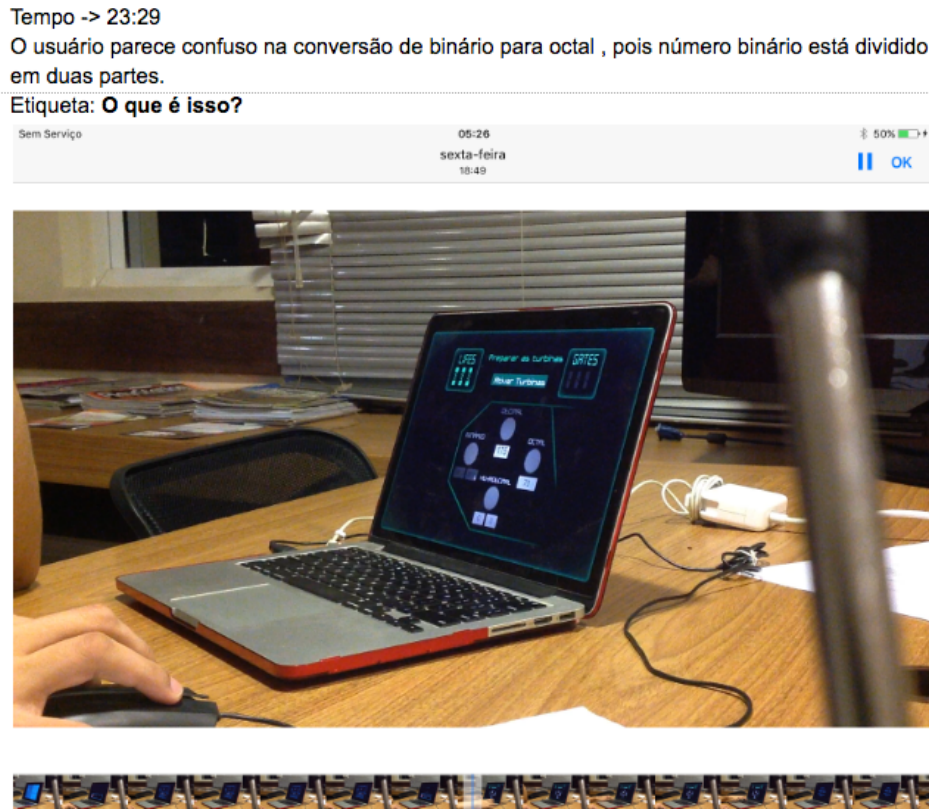


Figura 4.15: Exemplo do processo de etiquetagem.

Com a etiquetagem foram identificados 3 problemas principais de comunicabilidade:

1. A história, principalmente no começo do jogo, aparecia e seguia automaticamente, o que obrigou os usuários 2 e 3 a lerem muito rapidamente, fazendo com que perdessem informações tanto do texto como das figuras; por outro lado, o usuário 1 ficou impaciente pois para ele a narrativa estava passando muito devagar.

Solução: Manteve-se a *feature* do texto de aparecer dinamicamente na tela, porém foi adicionado um controle para o usuário. Assim, a tecla *ENTER* terá duas funções: (i) quando do texto aparecendo dinamicamente, a tecla tem a função de mostrar a

texto na íntegra e (ii) quando toda a narrativa da cena já estiver na tela, a tecla terá a função de mudar de cena.

2. Apesar de ter uma explicação dada pela personagem dentro do jogo, todos os usuários tiveram dificuldade de entender o funcionamento do sistema. O mais comum era que depois de acertar o *puzzle* o jogo mostrava o *feedback* positivo, porém nada acontecia no sistema e os usuários ficaram confusos.

Solução: A solução escolhida foi que ao acertar, além do *feedback* positivo, o sistema se auto reinicia de maneira que fique pronto para o jogador poder continuar o *puzzle*. O mesmo não acontece quando o jogador erra, pois foi considerado importante que o jogador reflita porque ele errou. Assim, quando o jogador erra, ocorre o *feedback* negativo, porém o sistema só reinicia quando acionado para *OFF* na chave principal.

3. Considerada a mais grave das falhas de comunicabilidade encontradas na etiquetagem foi a disposição e separação dos números binários e hexadecimais no desafio das turbinas. O intuito da separação do número binário de 8 bits em duas partes, de 4 bits cada, e do hexadecimal em dois dígitos em separado era de melhorar a visualização. Contudo, esta disposição dos elementos, além de não alcançar seu objetivo, confundiu todos os usuários que fizeram a avaliação MAC, fazendo com que errassem os *puzzles*.

Solução: Tirar a separação do sistema numérico decimal e do hexadecimal, por mais difícil que possa ficar a leitura de um número binário de 8 bits, deixou mais claro que o número era corrido, um só. A mesma solução foi dada para os sistema hexadecimal.

Para concluir a avaliação MAC, é necessária a produção um perfil semiótico do sistema. Assim, baseado no modelo dado em [4], o perfil semiótico gerado para este sistema é:

É meu entendimento, como designer, que o usuário deva ser alguém com conhecimentos sobre o material didático apresentado no jogo, assim como ter certo conhecimento sobre jogos digitais e como jogá-los. Aprendi que o jogador quer ter controle sobre o sistema, principalmente na questão de velocidade da narrativa; que espera que o sistema seja mais autônomo ao mostrar os *feedbacks*; e ainda que o que foi pensado para facilitar a interpretação dos signos estáticos pelo usuário não necessariamente cumpre o objetivo com usuários reais. Este é, portanto, o sistema que projetei, cujo objetivo é motivar a prática e aprofundamento de conteúdos didáticos de maneira lúdica e imersiva.

4.6 Avaliação do jogo pelo *EGameFlow*

Para todos os jogadores que finalizaram o jogo, na última tela havia um botão que, ao ser acionado, automaticamente fazia com que um *browser* no computador do jogador abrisse uma tela com o questionário *EGameFlow* modificado e traduzido. Este questionário tem o propósito de avaliar o jogo, levando em consideração os pontos principais de um jogo educativo digital [19].

Assim, como dito no capítulo anterior, o questionário *EGameFlow* utilizado neste projeto foi um adaptação e tradução das questões consideradas pertinentes à pesquisa, o que gerou trinta questões que deveriam ser obrigatoriamente respondidas, por meio de uma escala linear de valores de 1 à 5, no qual foi determinado que cada valor seria:

1 = fortemente discordo;

2 = discordo;

3 = neutro;

4 = concordo;

5 = concordo fortemente;

Além disso, as questões foram separadas em 6 seções correspondentes a temas relacionados aos aspectos dos jogos educacionais digitais, que são mencionados nos Capítulos 2 e 3, a saber: (1) Concentração, (2) Objetivos claros, (3) *Feedback*, (4) Desafio, (5) Imersão e (6) Melhoria de conhecimento. E foi adicionada uma última seção, chamada de "Melhorias", compostas de duas questões abertas não obrigatórias, na qual os jogadores poderiam escrever aquilo que desejassem para a melhoria do jogo:

1. Alguma coisa que não tenha gostado do jogo?
2. Alguma sugestão para a melhoria do jogo?

Como o questionário *EGameFlow* somente era acessível para os jogadores que terminassem todo o jogo, dos 37 alunos que participaram da pesquisa jogando somente 24 chegaram a responder o questionário. O que pode vir a demonstrar que somente 64% dos jogadores conseguiram finalizar o jogo, uma porcentagem baixa considerando que os alunos tiveram uma hora e meia para jogar e que nas avaliações MAC a média de tempo necessária para se completar o jogo era de 50 minutos.

Para se testar a confiabilidade do questionário foi utilizado o coeficiente alfa de Cronbach. Como dito no Capítulo 2, na literatura não existe um consenso do valor mínimo

para o valor alfa de Cronbach para o questionário ser considerado minimamente confiável, porém muitos autores consideram que o mínimo aceitável é a partir 0.7.

Fu *et al.* (2009), os criadores do questionário *EGameFlow*, validam a confiabilidade do seu próprio questionário com o alfa de Cronbach, chegando ao coeficiente total de 0.942 para todos os 42 itens. Por ter sido usada uma versão modificada do questionário *EGameFlow*, para melhor se adequar a situação da pesquisa, se vê necessário fazer a validação de confiabilidade uma segunda vez. Assim, por meio das respostas dadas pelos 24 participantes que chegaram ao final do jogo, o coeficiente alfa de Cronbach foi de 0.862 para os 30 itens utilizados, o que ainda representa uma confiabilidade alta em suas respostas.

A seguir, são apresentados os gráficos gerados com as respostas dos 24 jogadores que completaram o questionário. Os gráficos possuem as informações dos títulos das questões de cada categoria e a porcentagem da pontuação dada para cada item, isso para facilitar a visualização e comparação dos resultados.

4.6.1 Concentração

Como pode ser visto no gráfico da Figura 4.16, que mostra o enunciado das questões e a relação das respostas em porcentagens, na questão 1, 95.2% dos jogadores concordam que a maioria dos *puzzles* do jogo está relacionadas às atividades acadêmicas. Pelos resultados percebe-se que a questão de concentração em geral foi satisfatória para os alunos.

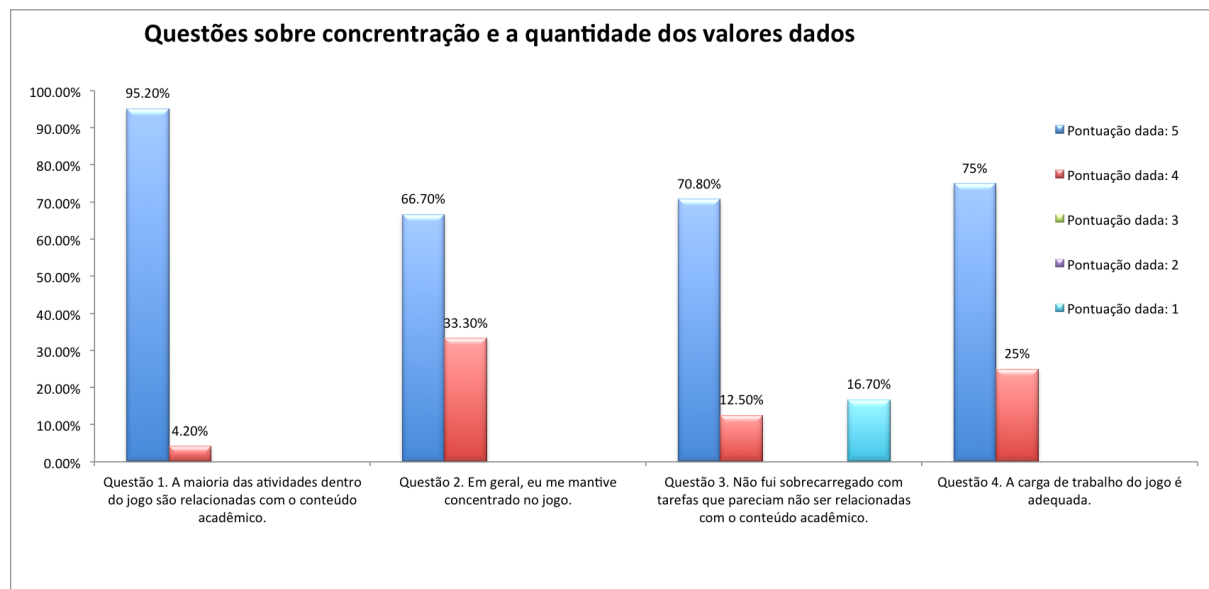


Figura 4.16: Gráfico perguntas sobre Concentração e a quantidade de suas respostas .

Entretanto, a questão 3 tem de ser melhor investigada, visto que 16,7% ou quatro jogadores, responderam que fortemente discordam da afirmação de que não foram sobrecarregados com as tarefas que pareciam não ser relacionadas com o conteúdo acadêmico. Esse resultado precisa de uma análise mais detalhada, pois o jogo foi pensado para conter somente assuntos relacionados ao conteúdo acadêmico. Uma hipótese que pode ter levado a esse resultado, foi uma crítica feita por um dos usuários que testaram o jogo na avaliação MAC: o tempo necessário para se passar pelo enredo inicial era muito longo, mais especificamente o usuário mencionou que a história, contando com o contexto inicial e os diálogos eram muito extensos em comparação ao tempo total para a conclusão do jogo.

4.6.2 Objetivos Claros

A seção de objetivos claros tinha a finalidade de verificar se os jogadores haviam entendido bem o que deveria ser feito em cada uma das etapas. Analisando de maneira geral, as respostas mostram que "concordo fortemente", pontuação 5, foi a resposta mais escolhida em todas as questões relacionadas a objetivos claros, possibilitando considerar que a apresentação dos objetivos foi satisfatoriamente clara.

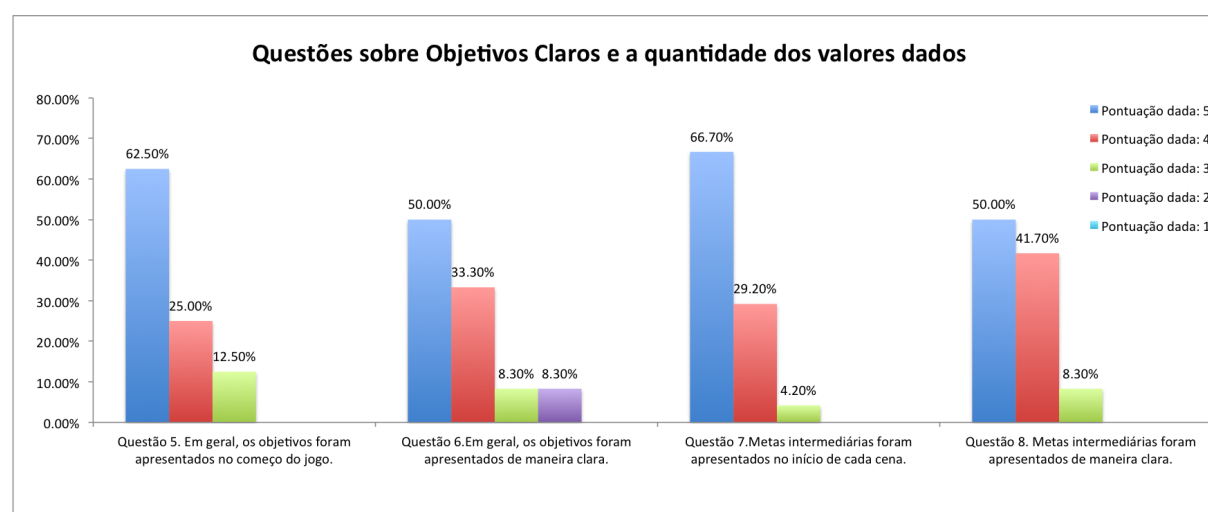


Figura 4.17: Gráfico perguntas sobre Objetivos Claros e a quantidade de suas respostas .

Contudo, como mostrado na Figura 4.17, a questão 6 foi a que apresentou pior resultado, conforme se depreende dos resultados, pois 8.3% ou duas respostas, discordam que "Em geral, os objetivos foram apresentados de maneira clara" e foi a nota mais baixa dada nessa seção. Isso demonstra que as interfaces de treinamento eram muito similares, todavia os seus objetivos eram muito diferentes. Por essa razão, uma hipótese levantada é que ocorreu uma confusão na representação dos valores mostrados nos autenticadores que dependendo do nível poderiam ser: decimais, octais ou hexadecimais.

4.6.3 Feedback

Feedback, como visto nos capítulos anteriores, é uma parte fundamental dos jogos educativos. Assim, saber como os jogadores perceberam-no é muito importante para se aferir se o trabalho foi realizado adequadamente. Deve ser ressaltado que durante a aplicação todos os *feedbacks* de áudio não foram utilizados, devido à necessidade de se usar os computadores do laboratório e não ter havido disponibilidade de fones de ouvidos para o uso dos alunos.

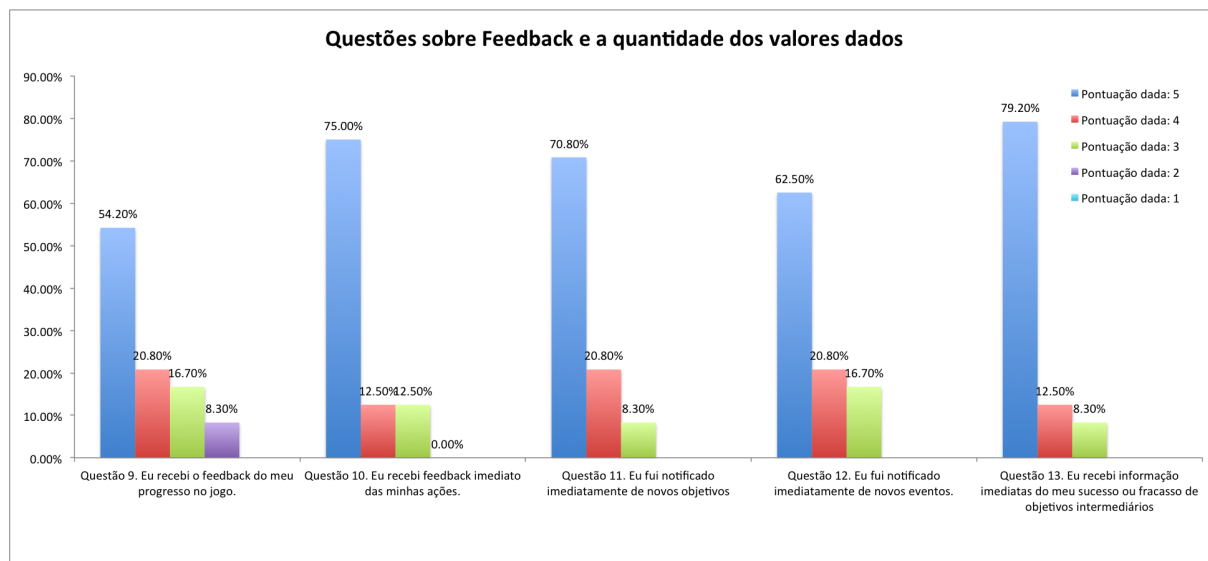


Figura 4.18: Gráfico perguntas sobre *Feedback* e a quantidade de suas respostas .

Afere-se, por intermédio do gráfico da Figura 4.18, que para os usuários os *feedbacks* foram bem recebidos, principalmente na questão 10, que se refere a *feedbacks* imediatos pois, como vimos no Capítulo 2, esse é um dos aspectos que torna os jogos educacionais uma ótima ferramenta de aprendizagem.

A questão que recebeu menos pontuação positiva, ou seja, a que teve como respostas valores 2 ou 1, foi a de número 9, que se refere a *feedbacks* sobre o progresso do jogador, que realmente foi um aspecto não explorado quando do desenvolvimento do jogo, porém que se mostrou necessário, uma vez que os jogadores perceberam a sua falta.

4.6.4 Desafio

Segundo Marc Prensky (2012) [48], desafio é um dos elementos estruturais de um *game*, que consiste na resolução dos problemas por parte dos jogadores. Um dos objetivos dos desafios do jogo desenvolvido neste trabalho é usar esses problemas impostos pelo jogo de

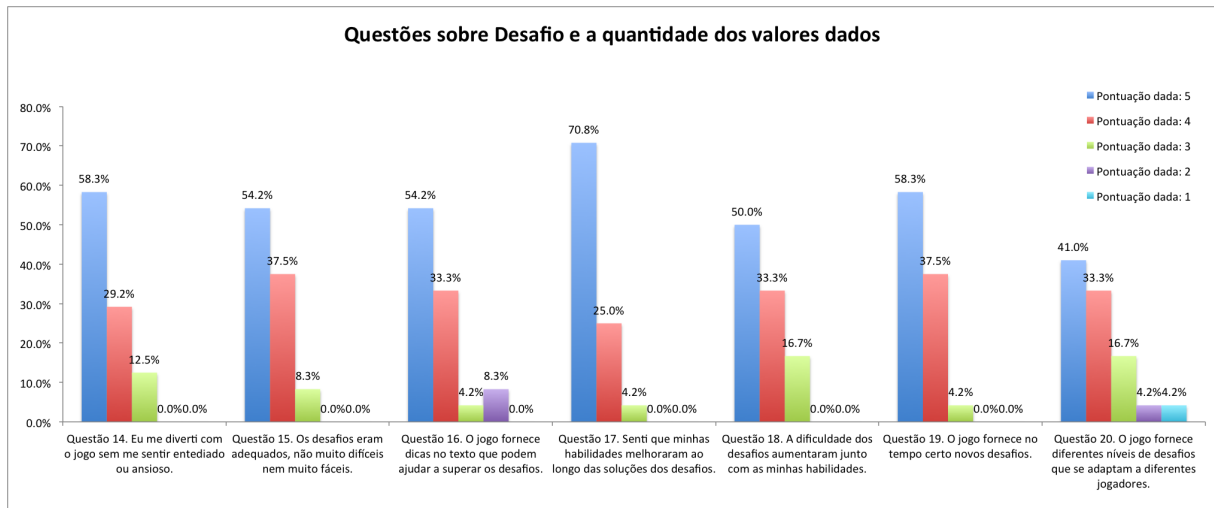


Figura 4.19: Gráfico perguntas sobre Desafio e a quantidade de suas respostas .

modo que a solução se dê por meio do uso dos conhecimentos do material acadêmico e assim melhorar o entendimento dos alunos perante os conteúdos da disciplina.

De acordo com o gráfico da Figura 4.19, pode-se aferir que 70% dos alunos indicaram que as suas habilidades melhoraram ao longo do jogo. Nota-se, portanto, que, de acordo com os alunos que finalizaram o jogo, um dos objetivos dos desafios foi alcançado.

A questão 20 refere-se a adaptação dos desafios aos diferentes níveis de conhecimento dos jogadores; 25% dos alunos consideraram que o jogo não implementou essa questão adequadamente. Isso pode, hipoteticamente, ter ocorrido devido à maneira como o jogo foi implementado, ou seja, os desafios foram projetados de forma que a cada fase os desafios evoluíssem em grau de dificuldade, mas não considerando a real habilidade inicial do jogador.

4.6.5 Imersão

Os dados sobre imersão são muito importantes para este trabalho, pois é um dos fatores que definem o *flow* e que podem, por intermédio do questionário do *EGameFlow*, ser quantificados na visão do jogador.

Devido a aplicação do jogo em sala de aula sem a disponibilidade de *headphones* toda a parte de áudio desenvolvida para a imersão e *feedback* não foi utilizada completamente. Para tentar amenizar essa intercorrência, foi colocada, como som ambiente da sala, a música utilizada na trilha sonora do jogo, tocada em volume alto e em *loop* por um computador durante toda a aplicação do jogo.

Analisando as afirmativas de imersão do questionário *EGameFlow* vistas no gráfico da Figura 4.20, percebe-se que foi uma das sessões com uma maior distribuição de res-

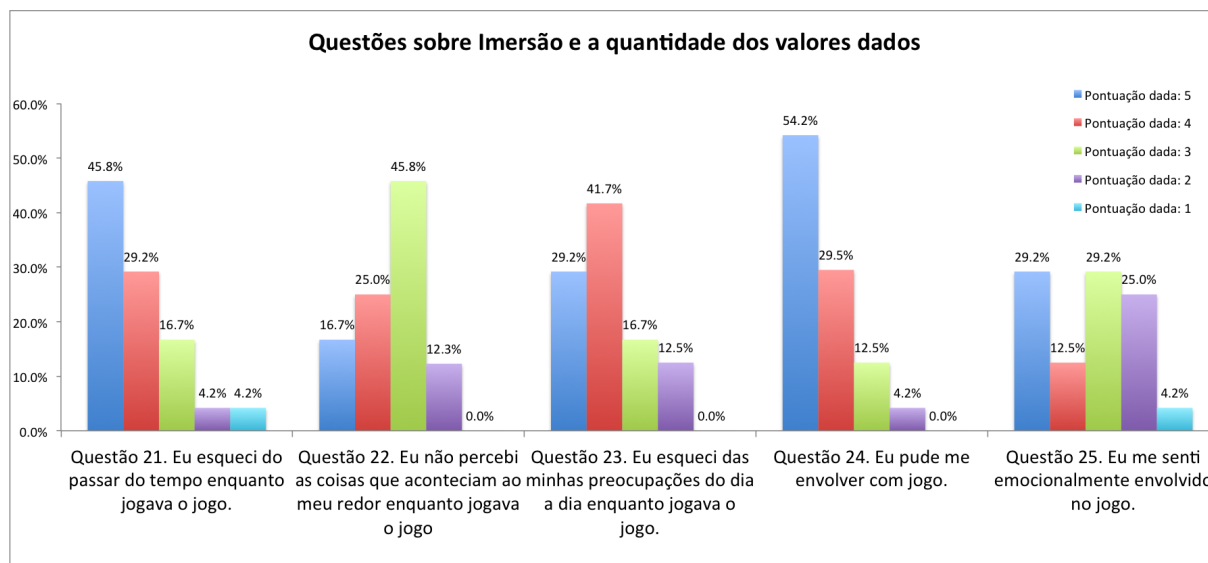


Figura 4.20: Gráfico perguntas sobre Imersão e a quantidade de suas respostas .

postas nas questões. Destaca-se a questão 24, na qual 74% dos "alunos concordaram" ou "concordaram fortemente" que esqueceram do passar do tempo enquanto jogavam, como foi descrito no Capítulo 2, é uma das principais características do *flow*. De acordo com Gunter *et al.* (2008) [23] e mencionado no Capítulo 2, o jogador, ao entrar no estado de imersão, fica intelectualmente engajado no contexto, o que pode implicar um envolvimento cognitivo no conteúdo acadêmico apresentado pelo jogo e na aprendizagem propriamente dita.

Já a questão 22, que também se refere a características do *flow*, não foi bem qualificada tendo 58.1% de neutros ou discordando de que não perceberam os acontecimentos ao seu redor enquanto jogavam. Tal fato foi considera-se possível em decorrência do burburinho, inevitável, em uma aula de laboratório com 37 alunos, onde estes sentam-se lado a lado em computadores individuais; e bem como a falta de fones de ouvido, com a ajuda da música e *feedbacks* sonoros para a melhor imersão.

4.6.6 Melhoria de Conhecimento

Melhoria de conhecimento é a auto avaliação do progresso de conhecimento do aluno a partir do jogo. Infere-se que a reação dos alunos foi positiva com relação à própria aquisição de conhecimento através do jogo, por conta de que 75% dos alunos "concordaram" ou "concordaram fortemente" que o jogo aumentou o seu conhecimento.

Chen *et al.* (2016) [12] afirma que os ambientes de aprendizado baseado em jogos digitais: "que criam oportunidades para o processamento mais profundo podem maximizar

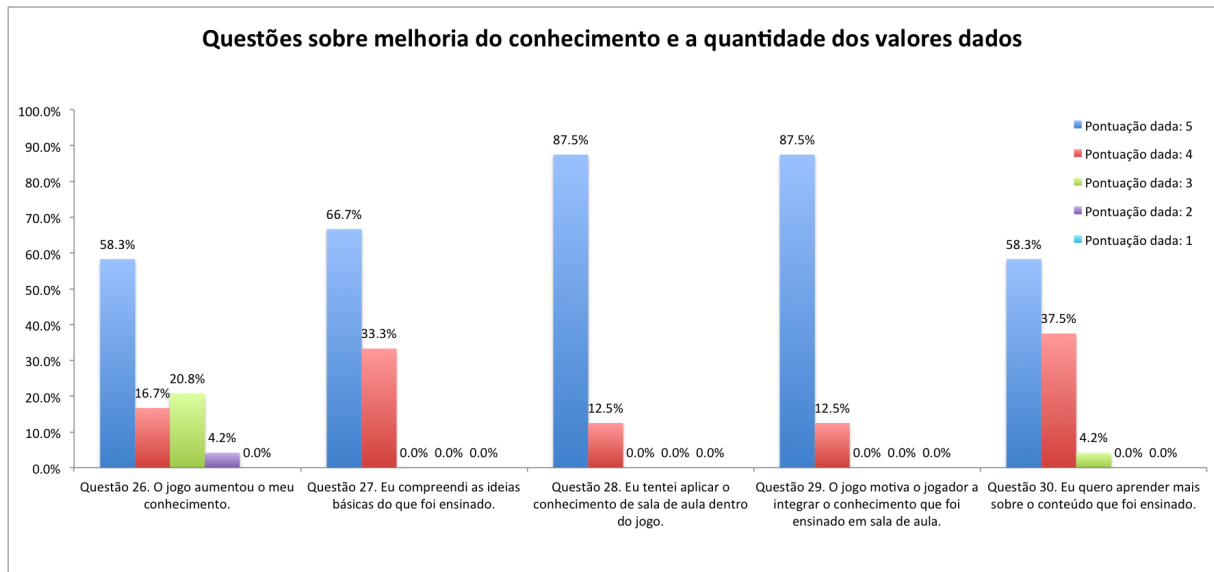


Figura 4.21: Gráfico perguntas sobre Melhoria de Conhecimento e a quantidade de suas respostas .

os resultados de aprendizagem e transferência de conhecimento ¹. Considerando as respostas dos alunos sobre essa seção mostrada na Figura 4.21, as questões 28 e 29 tratavam diretamente de transferência de conhecimento. Como mencionado no Capítulo 2 deste trabalho, transferência de conhecimento é a aplicação da aprendizagem adquirida em sala de aula em diferentes ambientes, no presente caso, o jogo. Nas duas questões, verificou-se que 87.5% dos "alunos concordaram fortemente" que o jogo oferece um ambiente propício para a transferência de conhecimento.

Huang e Huang (2015) [28], concluem em seu trabalho que os jogos educacionais fortalecem o desejo dos alunos de aprender de maneira autônoma. Assim, a pergunta 30 é relacionada com a vontade dos alunos de aprender mais sobre o assunto acadêmico ensinado no jogo e que teve uma resposta positiva, pois nenhum dos alunos discordou com a afirmação; 58.3% "concordaram fortemente" que querem aprender mais sobre o assunto.

4.7 Avaliação dos alunos pelos testes de conhecimento

Os testes de conhecimento foram aplicados para verificar como a aprendizagem dos alunos se comporta durante o tempo acerca do tema abordado no jogo. Assim, o pré-teste teve um formato diversificado dos demais testes, ele foi composto de quatro questões das próprias provas que guardavam relação ao material acadêmico apresentado no jogo. Logo, o pós-teste e o teste postergado tiveram o mesmo *layout* (vide Apêndice A e B) de 3

¹Tradução livre

questões: a primeira relacionada com conversão de sistemas numéricos, a segunda referia-se à representação de números binários negativos em complemento a dois e a terceira relacionada com soma e subtração de binários.

Para as avaliações de conhecimento foram utilizados testes em papel e presenciais, sem a utilização de calculadoras ou celulares. Como dito no capítulo anterior, o pré-teste foi aplicado dois dias antes do jogo, o pós-teste foi aplicado no mesmo dia do jogo nos últimos trinta minutos da aula da disciplina, logo após a realização do jogo. E por fim, o teste postergado foi aplicado três semanas depois.

Para a análise de dados foram considerados 28 alunos da turma de experimento. Os alunos, na sua maioria, entraram neste ano na Universidade. Já os alunos da turma de controle tinham um perfil bem diferente dos alunos de experimento, adicionando uma variável a mais nos dados coletados. A turma de controle é composta por alunos repetentes e por alunos que estão trocando de currículo, já que em 2015 o currículo do curso de Bacharelado em Ciência da Computação foi reformulado.

4.7.1 Avaliação do progresso do conhecimento dos alunos turma de experimento

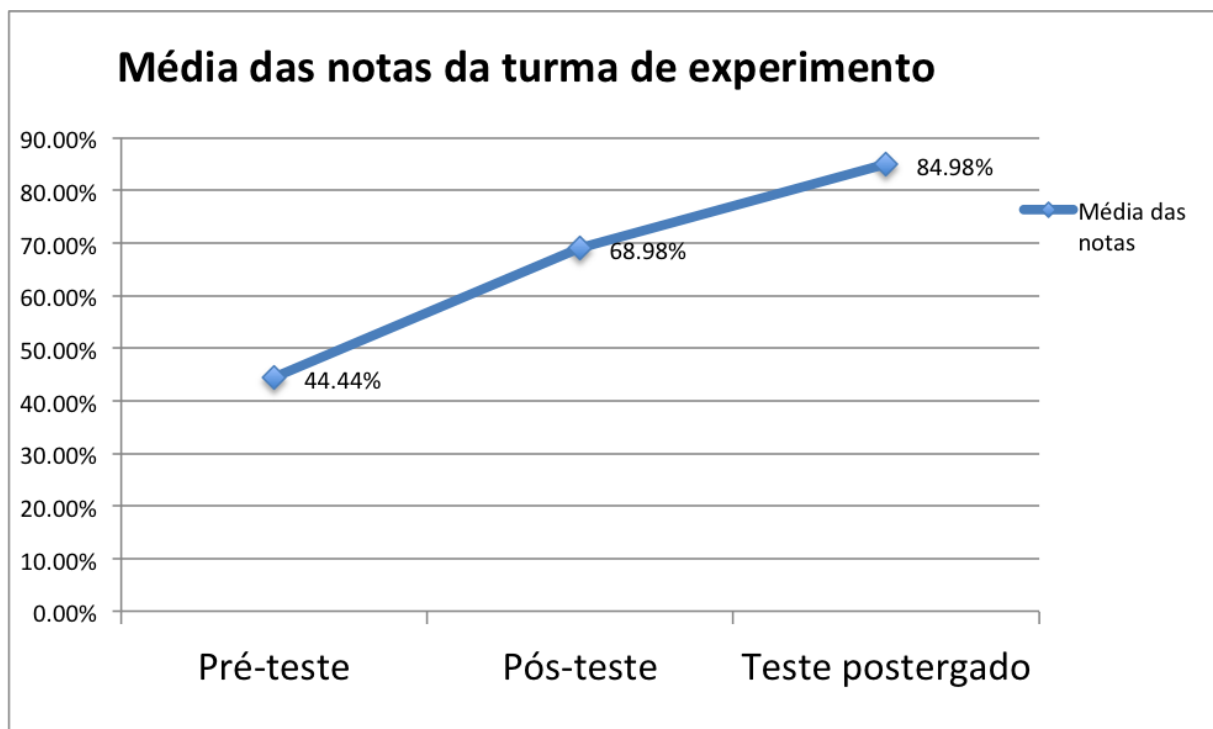


Figura 4.22: Gráfico das médias das notas dos alunos nos da turma de experimento..

O gráfico da Figura 4.22 refere-se à média das notas dos alunos no pré-teste, pós-teste e teste postergado. Dos 36 alunos que participaram do jogo, foram retirados 8 conjuntos de dados de alunos, pois: 4 deles por não estarem presentes na aplicação do teste postergado; 1 por não ter completado nenhum nível do jogo; e 3 por não terem terminado o jogo. Logo, o total da amostra de dados é de 28 alunos para o grupo de experimento.

Analisando somente as médias das notas dos alunos da turma de experimento pode-se ver que houve uma melhora significativa no ganho de conhecimento depois da aplicação do jogo, que passou de uma média de 44.44% de certos, no pré-teste, para 68.98% de acertos, no pós-teste.

Uma constatação intrigante e excitante foi a nota do teste postergado dos alunos da turma de experimento, que depois de 3 semanas aumentou mais ainda a porcentagem de acertos, elevando a média de acertos para 84.98%. Foi confirmado com os professores da turma de controle e da turma do experimento das disciplinas que ambos não reforçaram o conteúdo acadêmico durante o hiato de 3 semanas entre os testes. Uma hipótese para o melhor desempenho dos alunos no teste postergado pode ter sido o cansaço e a carga cognitiva exigida no jogo, o que ocasiona uma maior desatenção e dificuldade para a realização no pós-teste. O que não deve ter ocorrido com a mesma intensidade no teste postergado, por se tratar de uma aula comum em que os alunos já estão acostumados com a carga cognitiva e energia exigidos, fazendo com que tivessem mais atenção e energia para a realização do teste postergado.

4.7.2 Avaliação do progresso do conhecimento entre as turmas de experimento e controle

De acordo com o gráfico da Figura 4.23, é possível notar que não houve muita diferença entre os resultados da turma de experimento e os da turma de controle nos resultados do pós-teste, sendo que a turma de experimento se saiu até um pouco pior, sendo 68.98% porcentagem de média de acerto, contra a turma de controle que obteve 71.55% porcentagem de média de acerto, resultado que pode ser justificado pelo fato de as turmas terem perfis diferentes, mas estudarem o mesmo conteúdo. Porém, ao longo de três semanas, verificou-se que a retenção de conhecimento dos alunos da turma de experimento superou as expectativas, como explicado no item anterior.

Já a turma de controle experimentou uma decaída em suas médias das notas para 53.66%, sendo que 22 dos 29 alunos, ou 75%, tiveram queda real nas suas notas. Uma observação interessante ouvida na turma de controle, no momento da aplicação do teste postergado, foi a seguinte frase, dita por uma aluna: "Ah, eu não lembro disso não". Os resultados mostraram que a turma, mesmo depois de uma prova e um teste, não

havia retido suficientemente o conhecimento ensinado de maneira tradicional, sem o aprimoramento da experiência de aprendizagem proporcionada pelo jogo.

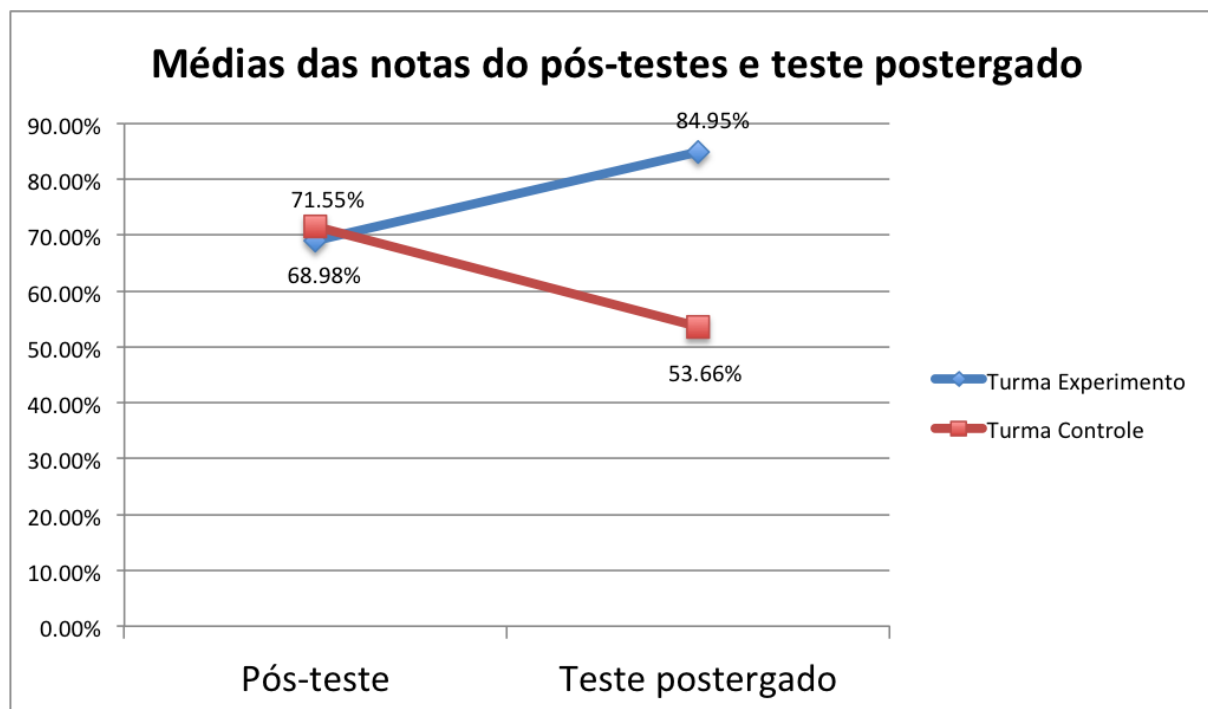


Figura 4.23: Gráfico da comparação entre as médias das notas dos alunos da turma de experimento e da turma de controle..

4.7.3 Avaliação do uso do *scaffolding*

Como dito no Capítulo 3, o *scaffolding* foi projetado de três formas, ambas entrando na categoria de *hard scaffolding*, *scaffolding* não personalizado e inserido no jogo. O *scaffolding* medido é o acesso ao painel de ajuda, que contém o conteúdo acadêmico necessário para se passar pela fase de treinamento. O acesso ao painel de ajuda foi medido de duas maneiras: a quantidade de acessos e o tempo total que o painel esteve ativo.

O painel de ajuda era uma parte facultativa do jogo, apesar de ser sempre mencionado nos diálogos dos treinamentos. Como mostrado no gráfico da Figura 4.24, a maioria dos alunos acessou pelo menos uma vez o painel de ajuda. Todavia, esse dado não é satisfatório tendo em vista que a média de tempo que os alunos passaram no painel de ajuda foi de 59 segundos, logo, menos de 1 minuto, o que é muito pouco se comparado ao tempo médio do jogo, 90 minutos.

Foi feita uma regressão linear, mostrada na Figura 4.25 para verificar se existia alguma relação entre as variáveis da pontuação adquirida no pós-teste, pois foi o teste feito logo

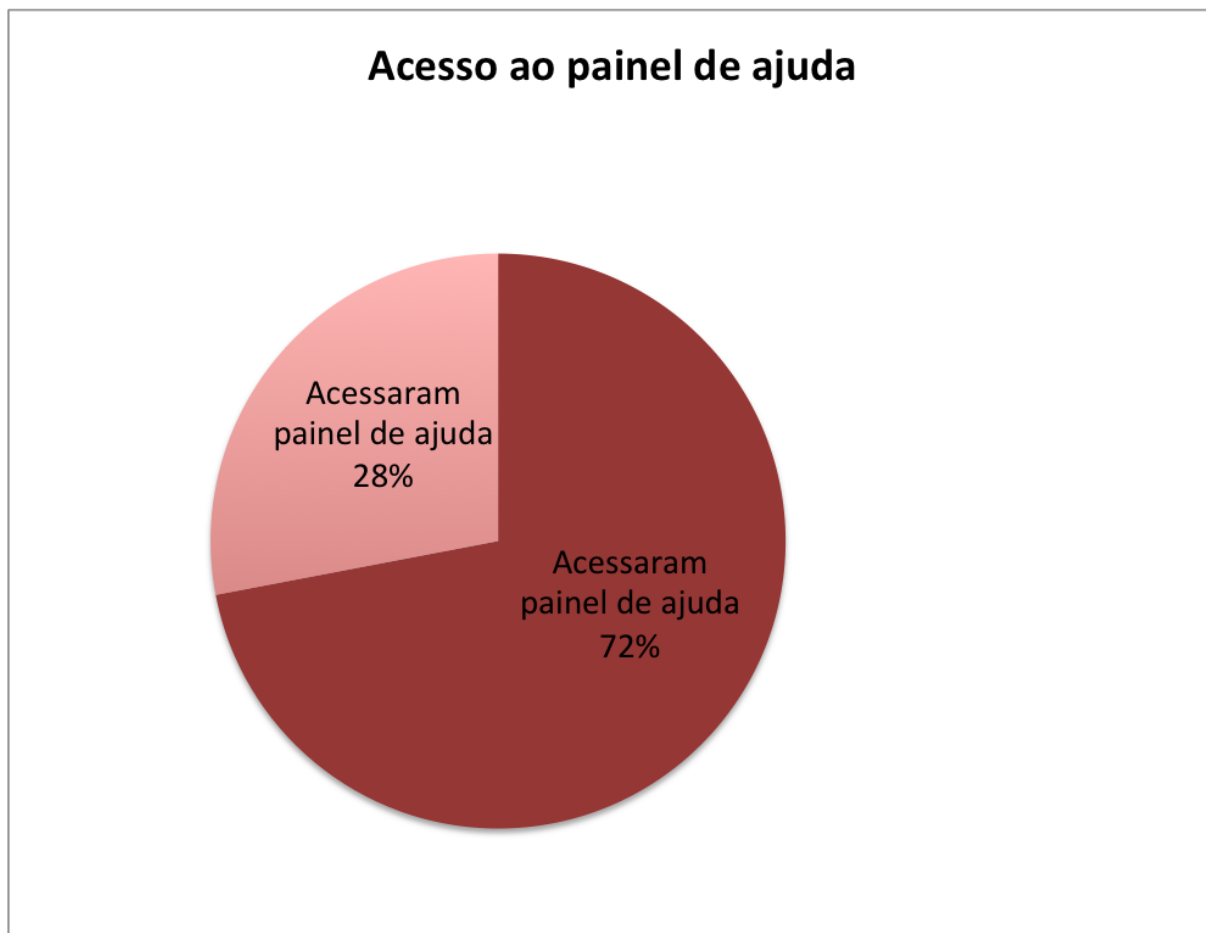


Figura 4.24: Gráfico de acesso ao painel de ajuda .

após o aluno jogar, e o tempo passado com o painel de ajuda aberto. Esperava-se que uma relação inversamente proporcional entre o tempo com painel de ajuda aberto e as notas do pós-teste, assim esperava-se um coeficiente de correlação próximo a -1. O que poderia significar que os alunos com maiores notas, ou seja com um melhor conhecimento do assunto abordado no jogo, foram os que passaram o menor tempo com o painel de ajuda aberto. Porém, pela regressão linear obteve-se um coeficiente de correlação de -0.21, o que significa que a relação entre as variáveis é muito fraca. Consequentemente, não é possível afirmar que o *scaffolding* desse jogo foi usado como suporte necessário para o progresso do conhecimento dos alunos.

4.8 Conclusão deste capítulo

Neste capítulo foi exposto de maneira mais detalhada como o jogo foi implementado. Assim, explicou-se os signos estáticos e dinâmicos da interface do jogo, apresentou-se seus

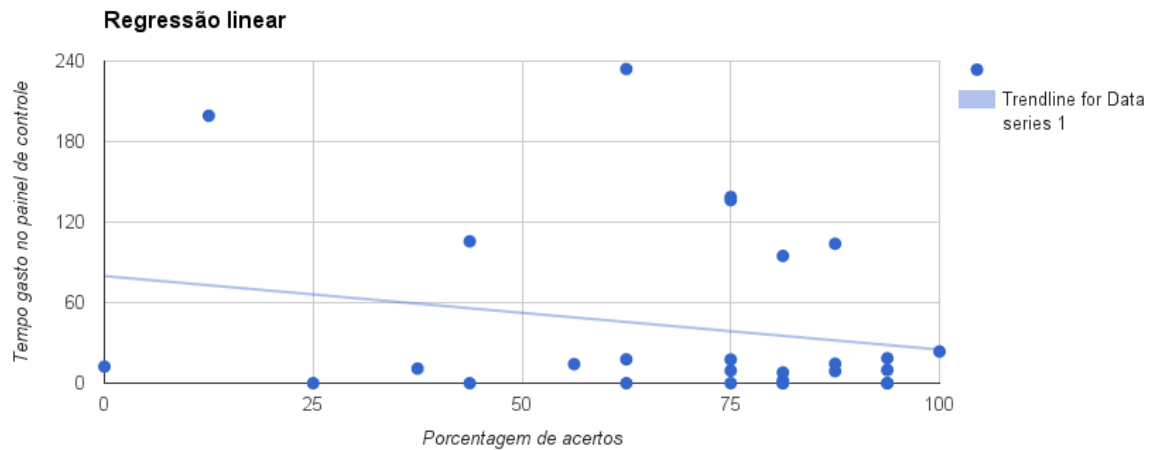


Figura 4.25: Regressão linear entre as notas do pós-teste e o tempo com o painel de ajuda aberto .

puzzles e enredo; e a maneira como este foi avaliado pelos jogadores e como os jogadores foram avaliados. No próximo capítulo apresentar-se-á uma discussão mais aprofundada dos resultados obtidos neste experimento, assim como limitações e trabalhos futuros.

Capítulo 5

Conclusão

Neste capítulo, discorre-se de forma mais aprofundada sobre a relação dos resultados obtidos do experimento com os objetivos específicos agregados no Capítulo 1. Em seguida, apresenta-se as contribuições que este trabalho pode acrescentar na literatura acadêmica. Logo após, serão apontadas as limitações deste trabalho e propostos os trabalhos futuros. Por fim, são feitas as considerações finais.

5.1 Resultados

Neste trabalho abordou-se o tema: aprendizagem por meio de jogos educacionais, com a criação, desenvolvimento e aplicação de um jogo educacional, cujo objetivo foi auxiliar os alunos do primeiro semestre dos cursos Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade de Brasília, no reforço do aprendizado realizado em sala de aula e a retenção do conhecimento. Considerou-se o fato de que a reprovação em matérias introdutórias implica a evasão de alunos do curso acima mencionados. Nesse contexto, objetivou-se criar um instrumento para a prática do conteúdo de conversão de bases numéricas e aritmética básica de binários, conceitos acadêmicos vistos em matérias introdutórias de cursos de computação. Assim, incentivando os alunos a aumentar o interesse nos cursos de maneira divertida e lúdica.

5.1.1 Desenvolvimento do conhecimento dos alunos

No experimento houve uma preocupação essencial em relação à fase em que se encontrava a disciplina, pois, devido ao tempo em que o jogo ficou pronto para a aplicação, os alunos já teriam feito a prova do conteúdo acadêmico inserido no jogo. Haveria o risco de que esses poderiam não ter ganhos de conhecimento com a utilização do jogo, como ferramenta

de prática de conteúdo educacional, na medida em que teriam se dedicado com afinco, talvez mais que o esperado, para tirarem boas notas nas provas da disciplina.

Porém, verificou-se, a partir dos resultados mostrados no capítulo anterior, que o jogo ajudou no crescimento do conhecimento específico de conversão de dados em bases binárias, octais, decimais e hexadecimais, bem como de aritmética básica de binários, ainda que considerado que a carga cognitiva dos alunos no pós-teste possa ter influenciado nos resultados. Logo, tendo em vista todos esses pontos, pode-se afirmar que o jogo foi uma ferramenta bem projetada para o seu objetivo de auxiliar no desenvolvimento do conhecimento dos alunos, atendendo aos fins para os quais foi criado. Assim é sugerida a possibilidade da aplicação do jogo nos próximos anos, verificando-se se houve alguma diferença nos resultados no conhecimento da matéria, por meio, principalmente, das notas dos alunos.

5.1.2 Retenção de conhecimento

Há estudos que pretendem demonstrar quais fatores influenciam na retenção de conhecimento. Por exemplo, de acordo com Dihoff *et al.* (2003) [16], para haver uma melhor retenção de conhecimentos as questões devem ter o formato de *feedback* imediato com a oportunidade de que se responda até que se acerte. Esse formato para solução de problemas é inerente aos jogos digitais, o que os torna excelentes ferramentas de retenção de conhecimento.

A literatura mostra que há tanto casos positivos quanto negativos de jogos sendo usados como ferramentas de retenção de conhecimento. No caso do trabalho de Huang e Huang (2015) [28], os autores fizeram um jogo cujo objetivo era a retenção de conhecimento sobre inclusão de novas palavras no vocabulário dos alunos, sendo a sua conclusão de que o jogo não teve influência na retenção do vocabulário aprendido. Contudo, encontrou-se resultados positivos em relação aos jogos que ajudavam os alunos a reterem conhecimento quando comparados aos métodos tradicionais de ensino, como pode-se ver nos trabalhos dos autores Khoshshima *et al.* (2015) [34], Ricci *et al.* (1996) [51] e Schraders *et al.* (2012) [56].

No caso deste trabalho, a expectativa do pós-teste da turma de experimento era que eles se saíssem melhor do que a turma de controle, o que não ocorreu. Porém, o objetivo específico 2, de que o jogo promoveria retenção de conhecimento, foi alcançado, pois os alunos da turma de experimento tiveram notas sempre crescente em todos os teste, diferentemente dos da turma de controle, que decaíram no teste postergado. Esses resultados foram similares aos do trabalho dos autores Khoshshima *et al.* (2015) [34], que declaram em sua conclusão: "Os resultados mostraram que a retenção a longo prazo de estudantes do grupo experimental melhoraram significativamente. Estes resultados demonstram

que os jogos como uma ferramenta para o ensino de itens de vocabulário pode, de fato, melhorar a retenção a longo prazo dos alunos."¹.

5.1.3 Ferramenta *scaffolding*

A tradução literal de *scaffolding* é andaime, assim, significa que é uma ferramenta para auxiliar, como um apoio, a construção do crescimento educacional do aprendiz. *Scaffolding* foi uma técnica de tutoria criada por Wood, Bruner and Ross e publicado em 1976 [63]. Essa técnica, que com o passar do tempo transformou-se em uma ferramenta utilizada em meios eletrônicos e tecnológicos do aprendizado, tem o objetivo de criar um suporte educativo para que o aprendiz possa resolver problemas aos quais, sozinho, não conseguiria em um primeiro momento. Com a concretização do conhecimento das teorias, por meio de ajuda do *scaffolding* pelo aluno, a ferramenta vai sendo retirada gradualmente, de forma que passe a não ser mais necessária, tendo o aluno galgado mais um patamar no seu crescimento de conhecimento.

Há vários tipos de *scaffolding*, melhor explicados no Capítulo 2. Neste trabalho optou-se pela abordagem de *hard scaffolding* conceitual optativo, que se resume em um auxílio educacional dentro do jogo, chamado de painel de ajuda, com o conteúdo acadêmico necessário para a conclusão dos desafios. Foi pré definido em sua implementação, além de não ser específico para cada aluno e nem obrigatório.

Por intermédio dos dados coletados a partir de telemetria comportamental *in game* dos jogadores, ou seja, os dados passados em tempo real para uma base de dados, pode-se concluir que muito pouco foi usado do *scaffolding* pelos jogadores. Além disso, nenhuma relação foi encontrada entre o tempo utilizando o painel de ajuda ativo e com a nota do pós-teste dos jogadores. Assim, não se pode confirmar que a não utilização da ferramenta se deu pelo conhecimento base do aluno antes do jogo. Logo, devido aos resultados não se pode chegar a uma conclusão se o objetivo específico 3 foi alcançado.

5.2 Contribuições

Como já dito anteriormente, este trabalho de conclusão de curso foi elaborado com a finalidade de criação e desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio e retenção de conhecimento específico, que possa ser usada por alunos de Universidades. Na literatura acadêmica sobre jogos digitais há poucos trabalhos criados especificamente para serem usados por estudantes universitários, no qual só 16% de todos os trabalhos em jogos educacionais são focados em adultos, universitários e idosos [52]. Além disso, os existentes,

¹Tradução livre

que envolvem o aprendizado de conceitos de informática ou computação, têm como base de conhecimento somente relação com técnicas ou ensino de programação, mas não outras matérias iniciais de cursos que envolvam computação, deixando de abordar assuntos importante.

Este trabalho resultou em mais um estudo acadêmico que mostra os benefícios de jogos digitais, não como substituição dos métodos tradicionais de aprendizado usados em salas de aula na Universidade, mas como uma ferramenta, que, de maneira lúdica e divertida, possa ajudar os alunos a se interessarem e se motivarem pelas disciplinas ministradas em seus cursos, assim como facilitar a retenção da aprendizagem pela prática de conhecimento específico, por meio de ferramenta aplicada em um ambiente ficcional e seguro.

Verificou-se que o *framework* produzido por Ibrahim e Jaafar (2009) [30] é um modelo simples de criação de jogos educacionais e, ao mesmo tempo, adequado para orientar desenvolvedores a criarem um jogo que traga os pontos importantes de um jogo educacional, a saber: o *design* do jogo, os métodos pedagógicos usados e como esses métodos serão modelados e apresentados no jogo.

Por se considerar adequado e confiável, através do coeficiente alfa de Cronbrach, para este trabalho, foi utilizado o questionário *EGameFlow* para a validação do jogo por parte do aluno. Mostrando desta maneira, que o jogo foi projetado e implementado, e tendo sido validado pelo jogador em alguns aspectos educacionais e motivacionais, porém sendo que os demais aspectos, ainda devem ser desenvolvidos mais adequadamente.

Afirma-se, finalmente, que o presente trabalho proporcionou a oportunidade a esta pesquisadora um grande aprofundamento na matéria que quis transmitir a partir do jogo desenvolvido, além de várias partes de programação, desde o enviar e o receber dados em tempo real, criar lógicas para os desafios, que mudavam dinamicamente no decorrer de cada jogo, e aplicar teorias de interação humano-computador para melhorar a experiência e interação do usuário. Além disso, esta pesquisadora também experimentou um crescimento pessoal no qual percebeu que a computação nunca está sozinha e é necessária, mais do que nunca, na vida cotidiana. Sendo assim, profissionais de computação devem abrir os horizontes e não ter receio de aventurar-se por outras disciplinas como pedagogia e *design* de jogos, para criar ferramentas multidisciplinares para o desenvolvimento do conhecimento e aprendizagem da sociedade.

5.3 Limitações

Este trabalho possui limitações importantes que devem ser levadas em consideração. A primeira limitação diz respeito aos diferentes perfis das turmas de experimento e controle, que também tinham diferentes professores, com técnicas de ensino diferentes. Essas

peculiaridades geraram uma nova variável não prevista no começo do experimento, que pode influenciar como os alunos recebem os conceitos e como eles são armazenados na memória. O exemplo mais significativo é que a turma de controle era majoritariamente de alunos repetentes ou que estavam fazendo a disciplina para conseguir entrar no novo fluxo do curso, assim, eram alunos mais antigos que já tinham visto o conteúdo ou que já haviam se acostumado com a dinâmica da Universidade. De acordo com All *et al.* (2016) [1], as boas práticas na produção e no exame de aprendizado baseado em jogos digitais recomendam que o instrutor seja o mesmo em todas as condições do experimento.

A segunda limitação é o curto tempo do trabalho em relação ao experimento. Uma pesquisa mais aprofundada que relacionasse várias turmas com perfis diferentes no decorrer dos semestres seria mais adequada. Pois, poderia gerar mais dados que explicaria melhor o comportamentos dos alunos e a eficácia de jogos educacionais para o aprendizado de assuntos acadêmicos totalmente novos, bem como poderia melhor definir qual o melhor tipo de *scaffolding* que otimizaria o aprendizado.

A terceira limitação é o tempo exíguo disponibilizado para a aplicação do jogo. O jogo foi projetado para durar em média de uma hora a uma hora e vinte minutos, porém, verificou-se que esta estimativa não foi adequada, sendo que alguns alunos terminaram as fases em quase uma hora e quarenta minutos, o que também deve ter tido influência em suas notas no pós-teste. Por isso, alguns alunos não completaram o jogo e tiveram de ser retirados da amostra dos dados.

5.4 Trabalhos futuros

Este trabalho tem potencial, tendo em vista os resultado positivos para a retenção de conhecimento dos alunos. Porém, devido ao desenvolvimento não favorável aos alunos ou ao estilo de jogo, o *scaffolding* proposto não foi utilizado como previsto. Logo, em trabalhos futuros, mesmo que se pretenda ainda usar *hard scaffolding*, este será diluído nos diálogos dos personagens ou de outras formas visuais, passando a não ser mais optativo.

Ainda, para limitar certas variáveis inseridas devido ao tipo de perfis diferentes dos alunos das turmas de experimento e controle e pelo fato de serem ministradas por professores distintos, um dos trabalhos futuros é refazer o experimento em duas turmas específicas e de forma isolada: uma de calouros e uma de repetentes, separando cada turma em dois grupos para que se extraia uma amostra de controle e uma amostra de experimento, assim poder-se-ia aferir a diferença que o jogo pode causar em diferentes perfis de turmas e não mais entre elas.

Não se pode perder de vista que a teoria de Vygotsky, que foi estudada e baseou o sistema do jogo, leva em consideração o nível atual de conhecimento do aluno, uma

coisa que não ocorreu durante o desenvolvimento do jogo. Nessa linha, para trabalhos futuros propõe-se uma investigação na literatura, para posterior implementação sobre métodos que adaptem o jogo ao nível do jogador dinamicamente, como o que é proposto por Obikwelu *et al.* (2013) [42], a criação de um sistema que adapta a dificuldade dos problemas em um jogo educacional dependendo das dificuldades do jogador.

E por fim, lembrando o objetivo geral deste trabalho, que é ajudar os cursos de computação a diminuírem suas taxas de evasão com uma ferramenta de aprendizado e motivacional, nos próximos anos deveria ser feito um estudo comparativo, no âmbito do número de evasão, a fim de aferir-se se houve redução após a utilização do jogo e se este é ferramenta motivacional instantânea, que só durará naquele período de aplicação, ou se irá, realmente, impactar de forma positiva o comportamento e pensamento do aluno em relação às matérias de computação na Universidade.

5.5 Considerações finais

A pesquisadora está ciente de que o tema deste trabalho é bem mais amplo do quando a aqui estudado, comunicado e praticado neste primeiro momento. Entretanto, nesta seção, pretende expressar um pouco de sua singela opinião, ante tudo que fez até agora, especialmente no tocante ao seu entendimento de que jogos educacionais são o futuro do aprendizado.

Jogos educacionais é tema não totalmente explorado e novo em comparação aos assuntos que os envolve, como pedagogia. Trata-se de uma ferramenta muito útil se for desenvolvida corretamente, como comprovado neste trabalho. Além disso, poderá proporcionar a oportunidade de aprendizado que os alunos das novas gerações não teriam se dependessem somente da forma como o ensino é estruturado hoje em dia. Sem dúvida, a experiência de construir conhecimentos em ambientes seguros e com interatividade pode proporcionar a base da aprendizagem do futuro.

Como se não bastasse, os jogos são um ótimo veículo de arte, criatividade e motivação para trazer o conhecimento como uma forma prazerosa aos alunos, e não uma obrigação imposta desde a mais tenra idade. Apesar de o estado da arte se encontrar ainda em desenvolvimento, há vários avanços e várias técnicas usadas. Todavia, a pesquisadora tem a convicção de que para os jogos educacionais poderem proporcionar todo o potencial como ferramenta educacional, terá de existir uma conexão mais profunda das áreas de arte, *design*, programação, pedagogia e entre os professores e alunos, pois a sinergia entre tais atores é imprescindível para se criar uma ferramenta eficaz ao ensino.

Referências

- [1] Anissa All, Elena Patricia Nunez Castellar, e Jan Van Looy. Assessing the effectiveness of digital game-based learning: Best practices. *Computers & Education*, 92:90–103, 2016. 70
- [2] Alan Amory e Robert Seagram. Educational game models: conceptualization and evaluation. *South African Journal of Higher Education*, 17(2):206–217, 2003. 14, 29
- [3] Sylvester Arnab, Theodore Lim, Maira B. Carvalho, Francesco Bellotti, Sara Freitas, Sandy Louchart, Neil Suttie, Riccardo Berta, e Alessandro De Gloria. Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*, 46(2):391–411, 2015. 7, 11, 12, 13, 29
- [4] Simone D. J. Barbosa e Bruno S. da da Silva. *Interação Humano-Computador*. Elsevier, 2010. xii, 19, 20, 22, 53
- [5] Sarit Barzilai e Ina Blau. Scaffolding game-based learning: Impact on learning achievements, perceived learning, and game experiences. *Computers & Education*, 70:65–79, 2014. 7
- [6] B. Bates. *Game Design*. Thomson Course Technology, 2004. 6
- [7] Brian R. Belland, ChanMin Kim, e Michael J. Hannafin. A framework for designing scaffolds that improve motivation and cognition. *Educational Psychologist*, 48(4):243–270, 2013. 8
- [8] Jorge Biolchini, P Gomes Mian, A Candida Cruz Natali, e G Horta Travassos. Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, 679(05), 2005. 2
- [9] Cyril Brom, Michal Preuss, e Daniel Klement. Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? a quasi-experimental study. *Computers & Education*, 57(3):1971–1988, 2011. 2
- [10] Carsten Busch, Sabine Claßnitz, André Selmanagic, e Martin Steinicke. Developing and testing a mobile learning games framework. *Electronic Journal of e-Learning*, 13(3):151–166, 2015. 7
- [11] Kuo-Jen Chao, Hui-Wen Huang, Wei-Chieh Fang, e Nian-Shing Chen. Embodied play to learn: Exploring kinect-facilitated memory performance. *British Journal of Educational Technology*, 44(5):E151–E155, 2013. 17

- [12] Ching-Huei Chen e Victor Law. Scaffolding individual and collaborative game-based learning in learning performance and intrinsic motivation. *Computers in Human Behavior*, 55:1201–1212, 2016. 7, 8, 10, 59
- [13] Henrique Rego Monteiro da Hora, Gina Torres Rego Monteiro, e José Arica. Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de cronbach. *Produto & Produção*, 11(2):85–103, 2010. 18, 19
- [14] Sara de Freitas e Fotis Liarokapis. Serious games: a new paradigm for education? In *Serious games and edutainment applications*, pages 9–23. Springer, 2011. 2
- [15] Anneline Devolder, Johan van Braak, e Jo Tondeur. Supporting self-regulated learning in computer-based learning environments: systematic review of effects of scaffolding in the domain of science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6):557–573, 2012. 9
- [16] Roberta E Dihoff, Gary M Brosvic, e Michael L Epstein. The role of feedback during academic testing: The delay retention effect revisited. *The Psychological Record*, 53(4):533, 2003. 67
- [17] Niall Dixon. Scaffolding fully online first year computer literacy students for success. *Irish Journal of Academic Practice*, 2(1):5, 2013. 11
- [18] Melissa C Duffy e Roger Azevedo. Motivation matters: Interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning within an intelligent tutoring system. *Computers in Human Behavior*, 52:338–348, 2015. 7, 8, 9
- [19] Fu Fong-Ling, Su Rong-Chang, e Yu Sheng-Chin. Egameflow: A scale to measure learners’ enjoyment of e-learning games. *Computers & Education*, 52(1):101 – 112, 2009. 3, 18, 54
- [20] André R. Gagné, Magy Seif El-Nasr, e Chris D. Shaw. A deeper look at the use of telemetry for analysis of player behavior in rts games. In *International Conference on Entertainment Computing*, pages 247–257. Springer, 2011. 17
- [21] Dale Green. *Procedural Content Generation for C++ Game Development*. Packt Publishing, 2016. 35
- [22] Jason Gregory. *Game Engine Architecture, Second Edition*. A. K. Peters, Ltd., Natick, MA, USA, 2nd edition, 2014. 35
- [23] Glenda A. Gunter, Robert F. Kenny, e Erik H. Vick. Taking educational games seriously: using the retain model to design endogenous fantasy into standalone educational games. *Educational Technology Research and Development*, 56(5-6):511–537, 2008. 14, 32, 59
- [24] Mark Guzdial. Software-realized scaffolding to facilitate programming for science learning. *Interactive Learning Environments*, 4(1):001–044, 1994. 10

- [25] Juho Hamari, David J Shernoff, Elizabeth Rowe, Brianno Collier, Jodi Asbell-Clarke, e Teon Edwards. Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54:170–179, 2016. 7
- [26] Casper Harteveld e Anders Drachen. *Chapter X: Gaming on Environmental Issues*. Wiley Online Library, 2010. 17
- [27] Danial Hooshyar, Rodina Binti Ahmad, Moslem Yousefi, Moein Fathi, Shi-Jinn Horng, e Heuseok Lim. Applying an online game-based formative assessment in a flowchart-based intelligent tutoring system for improving problem-solving skills. *Computers & Education*, 94:18–36, 2016. 24, 25, 26
- [28] Yong-Ming Huang e Yueh-Min Huang. A scaffolding strategy to develop handheld sensor-based vocabulary games for improving students’ learning motivation and performance. *Springer*, 2015. 60, 67
- [29] Cheng-Yu Hung, Fang-O Kuo, Jerry Chih-Yuan Sun, e Pao-Ta Yu. An interactive game approach for improving students’ learning performance in multi-touch game-based learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1):31–37, 2014. 11
- [30] Roslina Ibrahim e Azizah Jaafar. Educational games (eg) design framework: Combination of game design, pedagogy and content modeling. In *2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, volume 1, pages 293–298. IEEE, 2009. v, vi, 2, 15, 16, 29, 31, 69
- [31] Yavuz Inal e Kursat Cagiltay. Flow experiences of children in an interactive social game environment. *British Journal of Educational Technology*, 38(3):455–464, 2007. 7
- [32] Alberte James. *Educational game design Building blocks of flow experience*. VDM Verlag Dr. Muller, 2010. 6
- [33] Nurul Farhana Jumaat e Zaidatun Tasir. Instructional scaffolding in online learning environment: A meta-analysis. In *Teaching and Learning in Computing and Engineering (LaTiCE), 2014 International Conference on*, pages 74–77. IEEE, 2014. 9
- [34] Hooshang Khoshsima, Amin Saed, e Arash Yazdani. Instructional games and vocabulary enhancement: Case of iranian pre-intermediate efl learners. *International Journal of Language and Linguistics*, 5(6):328–332, 2015. 17, 67
- [35] Susanne P. Lajoie. Extending the scaffolding metaphor. *Instructional Science*, 33(5-6):541–557, 2005. 10
- [36] Christos Malliarakis, Maya Satratzemi, e Stelios Xinogalos. Designing educational games for computer programming: A holistic framework. *Electronic Journal of e-Learning*, 12(3):281–298, 2014. 15, 16

- [37] Thomas W. Malone. What makes things fun to learn? heuristics for designing instructional computer games. In *Proceedings of the 3rd ACM SIGSMALL Symposium and the First SIGPC Symposium on Small Systems*, SIGSMALL '80, pages 162–169, New York, NY, USA, 1980. ACM. 32
- [38] Luis C Moll. *Vygotsky ea educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica*. Artmed, 1996. 10
- [39] Jeanne Nakamura e Mihaly Csikszentmihalyi. The concept of flow. In *Flow and the foundations of positive psychology*, pages 89–105. Springer, 2002. 3, 7
- [40] Eiji Nunohiro, Kotaro Matsushita, Kenneth J. Mackin, e Masanori Ohshiro. Development of game-based learning features in programming learning support system. *Artificial Life and Robotics*, 17(3-4):373–377, 2013. 26, 27
- [41] Miguel Nussbaum e Vagner de Sousa Beserra. Educational videogame design. In *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 2–3. IEEE, 2014. 7
- [42] Chinedu Obikwelu, Janet Read, e Gavin Sim. Children's problem-solving in serious games: The "fine-tuning system (fts)" elaborated. *Electronic Journal of e-Learning*, 11(1):49–60, 2013. 71
- [43] V. Elizabeth Owen, Dennis Ramirez, Allison Salmon, e Richard Halverson. Capturing learner trajectories in educational games through adage (assessment data aggregator for game environments): A click-stream data framework for assessment of learning in play. *Philadelphia, PA*, 2014. 17
- [44] Kevin Oxland. *Gameplay and design*. Pearson Education, 2004. 6
- [45] Luísa B. Palmeira e Matheus P. Santos. Evasão no bacharelado em ciência da computação da universidade de Brasília: análise e mineração de dados. http://bdm.unb.br/bitstream/10483/10142/1/2014_LuisaBehrensPalmeira_MatheusParreirasSantos.pdf, 2014. Trabalho de graduação, acessado: 19-07-2016. 1
- [46] Brad Paras. Game, motivation, and effective learning: An integrated model for educational game design. *Simulation Gaming*, 33:441–467, 2002. 7, 8
- [47] Marc Prensky. *Digital game-based learning*. Marc Prensky, 2001. 8
- [48] Marc Prensky. *Aprendizagem Baseada em Jogos educacionais*. Senac, 2012. 5, 6, 57
- [49] Antje Proske, Susanne Narciss, e Danielle S. McNamara. Computer-based scaffolding to facilitate students' development of expertise in academic writing. *Journal of Research in Reading*, 35(2):136–152, 2012. 17
- [50] Sadhana Puntambekar e Roland Hubsher. Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational psychologist*, 40(1):1–12, 2005. 9, 11

- [51] Katrina E. Ricci, Eduardo Salas, e Janis A. Cannon-Bowers. Do computer-based games facilitate knowledge acquisition and retention? *Military Psychology*, 8(4):295, 1996. 8, 17, 67
- [52] Ute Ritterfeld, Michael Cody, e Peter Vorderer. *Serious games: Mechanisms and effects*. Routledge, 2009. 6, 28, 68
- [53] Katie Salen e Eric Zimmerman. *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press, 2004. x, 5, 12
- [54] César C. Salvador, Mariana M. Mestres, e Isabel S. Goni, Javier O. Gallart. *Psicologia da Educação*. Penso, 1999. 10
- [55] Jesse Schell. *Arte de Game Design: O Livro Original*. Crc Press, 2010. 6
- [56] Claudia Schrader e Theo Bastiaens. Learning in educational computer games for novices: The impact of support provision types on virtual presence, cognitive load, and learning outcomes. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(3):206–227, 2012. 67
- [57] Priya Sharma e Michael J Hannafin. Scaffolding in technology-enhanced learning environments. *Interactive learning environments*, 15(1):27–46, 2007. 9, 11, 23
- [58] Miguel Sicart. Defining game mechanics. *Game Studies*, 8(2):1–14, 2008. 6
- [59] Fu-Hsing Tsai, Charles Kinzer, Kuo-Hsun Hung, Cheng-Ling Alice Chen, e I-Ying Hsu. The importance and use of targeted content knowledge with scaffolding aid in educational simulation games. *Interactive Learning Environments*, 21(2):116–128, 2013. 9
- [60] J. Vrugte, T. Jong, P. Wouters, S. Vandercruyse, J. Elen, e H Oostendorp. When a game supports prevocational math education but integrated reflection does not. *Journal of computer assisted learning*, 31(5):462–480, 2015. 7
- [61] Gudrun Wesiak, Christina M Steiner, Adam Moore, Declan Dagger, Gordon Power, Marcel Berthold, Dietrich Albert, e Owen Conlan. Iterative augmentation of a medical training simulator: Effects of affective metacognitive scaffolding. *Computers & Education*, 76:13–29, 2014. 9
- [62] Yoke Seng Wong, Maizatul Hayati Binti Mohammad Yatim, e Wee Hoe Tan. Learning object-oriented programming with computer games: A game-based learning approach. In *European Conference on Games Based Learning*, page 729. Academic Conferences International Limited, 2015. 7, 14, 26
- [63] David Wood, Jerome S Bruner, e Gail Ross. The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2):89–100, 1976. 8, 68

Apêndice A

O pós-teste respondido pelos alunos



Nome: _____ Matrícula: _____ / _____

Idade: _____ anos

Avaliação 1

1) Realize as conversões de bases solicitadas considerando os números naturais sem sinal:

a) $(135)_{10} = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_8 = (\text{_____})_{16}$

b) $(654)_8 = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_{10} = (\text{_____})_{16}$

c) $(E1A)_{16} = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_{10} = (\text{_____})_8$

2) Realize as conversões da base decimal sinal e magnitude para a base complemento de 2:

a) $(-9)_{10S} = (\text{_____})_2$

b) $(-15)_{10S} = (\text{_____})_2$

c) $(-25)_{10S} = (\text{_____})_2$

3) Realize as operações aritméticas abaixo:

a) $(101110)_2 + (1101)_2 = (\text{_____})_2$

b) $(100011)_2 + (010110)_2 = (\text{_____})_2$

c) $(100110)_2 - (111)_2 = (\text{_____})_2$

d) $(111011)_2 - (11000)_2 = (\text{_____})_2$

Apêndice B

O teste postergado respondido pelos alunos



Nome: _____ Matrícula: _____ / _____

Idade: _____ anos

Avaliação 2

1) Realize as conversões de bases solicitadas considerando os números naturais sem sinal:

a) $(245)_{10} = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_8 = (\text{_____})_{16}$

b) $(361)_8 = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_{10} = (\text{_____})_{16}$

c) $(DE4)_{16} = (\text{_____})_2 = (\text{_____})_{10} = (\text{_____})_8$

2) Realize as conversões da base decimal sinal e magnitude para a base complemento de 2:

a) $(-7)_{10S} = (\text{_____})_2$

b) $(-13)_{10S} = (\text{_____})_2$

c) $(-26)_{10S} = (\text{_____})_2$

3) Realize as operações aritméticas abaixo:

a) $(100101)_2 + (1101)_2 = (\text{_____})_2$

b) $(110001)_2 + (1010)_2 = (\text{_____})_2$

c) $(110010)_2 - (101)_2 = (\text{_____})_2$

d) $(100011)_2 - (11001)_2 = (\text{_____})_2$

Anexo I

Versão impressa do questionário *EGameFlow*

Avaliação do jogo

* Required

1. Nome completo *

.....

2. Idade *

3. Você completou o jogo *

Mark only one oval.

Sim

Não

Concentração

1= fortemente discordo, 2= discordo, 3 =neutro , 4= concordo , 5= concordo fortemente

4. A maioria das atividades dentro do jogo são relacionadas com o conteúdo acadêmico. *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

5. Em geral, eu me mantive concentrado no jogo. *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

6. Não fui sobrecarregado com tarefas que pareciam não ser relacionadas com o conteúdo acadêmico. *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

7. A carga de trabalho do jogo é adequada. *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Objetivos Claros

1= fortemente discordo, 2= discordo, 3 =neutro , 4= concordo , 5= concordo fortemente

8. Em geral, os objetivos foram apresentados no começo do jogo. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Em geral, os objetivos foram apresentados de maneira clara. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Metas intermediárias foram apresentados no início de cada cena. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Metas intermediárias foram apresentados de maneira clara. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Feedback

1= fortemente discordo, 2= discordo, 3 =neutro , 4= concordo , 5= concordo fortemente

12. Eu recebi o feedback do meu progresso no jogo. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Eu recebi feedback imediato das minhas ações. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Eu fui notificado imediatamente de novos objetivos. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. **Eu fui notificado imediatamente de novos eventos. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. **Eu recebi informação imediatas do meu sucesso ou fracasso de objetivos intermediários ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Desafio

1 = fortemente discordo, 2 = discordo, 3 = neutro, 4 = concordo, 5 = concordo fortemente

17. **Eu me diverti com o jogo sem me sentir entediado ou ansioso. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. **Os desafios eram adequados, não muito difíceis nem muito fáceis. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. **O jogo fornece dicas no texto que podem ajudar a superar os desafios. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. **Senti que minhas habilidades melhoraram ao longo das soluções dos desafios. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. **A dificuldade dos desafios aumentaram junto com as minhas habilidades. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. O jogo fornece no tempo certo novos desafios. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. O jogo fornece diferentes níveis de desafios que se adaptam a diferentes jogadores. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. O jogo fornece diferentes níveis de desafios que se adaptam a diferentes jogadores. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Imersão

1 = fortemente discordo, 2 = discordo, 3 = neutro, 4 = concordo, 5 = concordo fortemente

25. Eu esqueci do passar do tempo enquanto jogava o jogo. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Eu não percebi as coisas que aconteciam ao meu redor enquanto jogava o jogo. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27. Eu esqueci das minhas preocupações do dia a dia enquanto jogava o jogo. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. Eu pude me envolver com jogo. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. **Eu me senti emocionalmente envolvido no jogo. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Melhoria do conhecimento

30. **O jogo aumentou o meu conhecimento. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

31. **Eu compreendi as ideias básicas do que foi ensinado. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32. **Eu tentei aplicar o conhecimento de sala de aula dentro do jogo. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

33. **O jogo motiva o jogador a integrar o conhecimento que foi ensinado em sala de aula. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

34. **Eu quero aprender mais sobre o conteúdo que foi ensinado. ***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Melhorias

35. Alguma coisa que não tenha gostado do jogo?

.....

.....

.....

.....

36. Alguma sugestão para a melhoria do jogo?

.....

.....

.....

.....

