

Desafios das Diagonais: Um Jogo para o Ensino de Matemática

Wilk Oliveira dos Santos^{1*}Tancicleide Carina Simões Gomes²Célia Cristina Vilela da Silva³¹Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Computação, Brasil²Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Brasil³Universidade de Pernambuco, Curso de Licenciatura em Computação, Brasil

RESUMO

Virtualização de Jogos é um processo para criação de versões digitais para jogos tradicionais/ físicos. Em educação, este processo tem o objetivo de criar versões digitais para jogos educativos tradicionais/ físicos, mantendo os princípios pedagógicos e psicopedagógicos da versão tradicional do jogo, associando estes princípios as mecânicas contemporâneas de design de games. Dentre os principais desafios relacionados à Virtualização de Jogos Educativos esta o desenvolvimento e avaliação de novos jogos para diferentes contextos. Neste sentido, este artigo apresenta um estudo realizado com o intuito de virtualizar e avaliar um jogo educativo para o ensino de Matemática. O jogo foi desenvolvido por meio de uma metodologia específica para Virtualização de Jogos Educativos, sendo o jogo avaliado empiricamente, por meio da utilização de testes estatísticos, baseadas em nove diferentes perspectivas ligadas a Teoria do Fluxo e aprendizagem. Os principais resultados indicam que o jogo foi eficaz em algumas dimensões avaliadas, no entanto, precisa ser revisto para proporcionar outras dimensões.

Palavras-chave: jogos educativos, virtualização de jogos educativos, avaliação de jogos educativos, teoria do fluxo, desafios das diagonais.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a indústria internacional de desenvolvimento de jogos tem tido um aumento substancial, tornando-se uma indústria mundialmente importante. De acordo com um recente relatório da *Entertainment Software Association* [11], apenas nos Estados Unidos, existem cerca de 155 milhões de jogadores, movimentando em 2014, cerca de US \$ 22,41, tendo uma expectativa exponencial de crescimento. Além disso, outro interessante estudo recente mostrou que 74% dos professores do ensino básico Norte Americano usam jogos digitais em sala de aula [15], permitindo um crescimento considerável da indústria de jogos educacionais nos últimos anos.

No contexto acadêmico, uma série de estudos recentes têm sido realizados com o intuito de investigar os efeitos dos jogos em diferentes aspectos educacionais (*i.e.* [5], [14] e outros). Estes estudos têm destacado uma série de discussões relacionadas aos efeitos positivos dos jogos na aprendizagem do aluno, tais como: engajamento, motivação e outros; e efeitos negativos, tais como: violência, ausência de interação social e extrema apreciação de “digital” (atividades digitais realizadas por meio de algum tipo de dispositivo tecnológico), em detrimento de atividades tradicionais (físicas / manuais), trazendo a tona, o conceito de Virtualização de Jogos Educativos, que busca criar versões digitais para jogos tradicionais [27].

Estudos recentes sobre Virtualização de Jogos (*i.e.* [33] e [30]), para criar versões digitais aos jogos educativos tradicionais/ físicos, visam manter os aspectos pedagógicos e psicológicos do tradicional/físico Jogo, bem como associar estes aspectos aos elementos contemporâneos do projeto do jogo. Assim, estudos recentes mostraram benefícios diferentes dos jogos virtualizados, bem como destacam uma série de discussões relacionadas ao design, aplicação e avaliação de Jogos Educativos desenvolvidos com base no processo de Virtualização de Jogos.

Apesar disso, estudos recentes (Santos *et al.* [27] Oliveira e Silva Junior [30] e Santos e Silva Junior [26]) têm apontado e discutido uma série de desafios e oportunidades relacionados a virtualização dos jogos educativos. Um dos principais desafios é a realização de estudos que virtualizem e avaliem jogos em diferentes aspectos.

Neste sentido, este estudo, realizou um experimento com o objetivo de virtualizar e avaliar um jogo educativo para o ensino de Matemática em diferentes aspectos, ligados a Teoria do Fluxo [16]. Os resultados indicaram que o jogo apresentou bons resultados em importantes dimensões, como clareza dos objetivos, concentração e aprendizagem, porém, não foi eficaz em outros aspectos, como imersão e autonomia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta sessão, serão apresentados os principais tópicos relacionados a este trabalho: jogos educativos, virtualização de jogos, teoria do fluxo e avaliação de jogos educativos, bem como, apresentar os principais trabalhos relacionados.

2.1 Jogos Educativos

Nos últimos 20 anos, os jogos tradicionais, bem como outras atividades de lazer, têm sido cada vez mais substituídos pelos jogos digitais como atividades de lazer, o que tem trazido um impacto transformacional sobre como passamos nosso tempo de lazer [23]. Segundo esses autores, os jogos educacionais oferecem atividades envolventes, o que tem levado a diminuição do interesse pelos jogos mais tradicionais.

Neste sentido, nas últimas décadas, os jogos educacionais têm sido utilizados em muitos contextos de ensino de diferentes tópicos como: meio ambiente, geografia, história e outros [23], bem como estudados em diferentes perspectivas como violência [6], aprendizagem [7], *playfulness* [14] entre outros.

De acordo com estudos recentes, uma série de resultados empíricos relacionados à aprendizagem baseada em jogos mostrou que, apesar da esmagadora publicidade dada ao impacto negativo dos jogos, como a maioria das tecnologias antes deles, os jogos tradicionais e os jogos digitais podem ter impactos tanto positivos quanto negativos de acordo com diferentes situações [23]. Estes resultados são importantes para demonstrar não só a eficácia dos jogos em contexto educativo, mas também para destacar a

*e-mail: wos@ic.ufal.br

importância de novos estudos em diferentes tipos de jogos educativos, além da própria comparação entre os efeitos dos jogos digitais em comparação com suas versões tradicionais.

2.2 Virtualização de Jogos Educativos

Na sociedade contemporânea, a ideia de “virtualização” é considerada e estudada pela filosofia, psicologia, física, biotecnologia, artes e outras [18], aumentando os tópicos relacionados à virtualização em diferentes contextos como a vida social, indústria e educação. Nesta perspectiva, a virtualização de jogos educativos é um processo para criar versões digitais para jogos educativos tradicionais/ físicos, já usados para ensinar um determinado assunto. Os principais objetivos da virtualização de jogos educativos são manter/ preservar os aspectos pedagógicos e psicopedagógicos da versão tradicional do jogo em sua versão digital, bem como atrelar esses aspectos com elementos de design de jogos contemporâneos, a fim de aumentar a aprendizagem e engajamento dos estudantes [28].

A virtualização pode ser usada em diferentes contextos como apoio em diferentes tópicos educacionais. De acordo com Oliveira e Silva Junior [30] e Santos e Santos e Silva Junior [26], o processo de virtualização de jogos educativos deve ser iniciado com a escolha do jogo educativo tradicional e terminar com o processo de avaliação do jogo virtualizado, com o intuito de identificar se o jogo educativo (na versão digital) de fato preserva os aspectos principais da versão tradicional do jogo, bem como identificar se o jogo pode aumentar a aprendizagem e o engajamento dos estudantes.

De acordo com Santos *et al.* [29] e Santos *et al.* [28], este processo envolve uma equipe multidisciplinar, com profissionais da área de Ciências da Computação (especialmente HCI), Pedagogia, Psicologia e campos de aplicação de jogos educativos específicos, como Matemática, Linguagem, Biologia e outros, com o objetivo de auxiliar o processo de virtualização do jogo. Nos últimos anos, estudos têm discutido os grandes desafios relacionados à virtualização de jogos educativos, nesta perspectiva, um dos grandes desafios está relacionado à realização de estudos que comparem os efeitos das versões digitais e tradicionais dos jogos [27].

2.3 Teoria do Fluxo

A noção de “estado de fluxo” foi introduzida por Csikszentmihalyi [16] como um termo técnico para descrever o bom sentimento ou “experiência ótima” que as pessoas têm como fator motivador em suas atividades diárias, como trabalho, esportes e atividades artísticas [1]. De acordo com Csikszentmihalyi, a chave para entender o estado de fluxo é o conceito de “experiência autotélica” (do antigo grego *αὐτοτελής*, ou “auto-objetivo”). A experiência autotélica é o resultado de uma atividade ou situação que produz sua própria motivação intrínseca, recompensas ou incentivos, de forma específica, sem metas ou recompensas externas.

Desde o estabelecimento da base da Teoria do Fluxo de Csikszentmihalyi, várias abordagens foram apresentadas para descrever esse tipo de experiência. Csikszentmihalyi [16] descreve nove dimensões necessárias para que uma atividade possa proporcionar o estado de fluxo: (1) objetivos claros; (2) feedback imediato; (3) balanceamento entre habilidades pessoais e desafios da atividade; (4) fusão de ação e conscientização; (5) facilitar a concentração na tarefa; (6); proporcionar uma sensação de controle; (7) perda de autoconsciência durante a tarefa; (8) mudança no sentido do tempo; e (9) a experiência “autotélica”.

Hoffman e Novak [9] resumiram as dimensões propostas por Csikszentmihalyi em cinco dimensões: (1) prazer; (2)

telepresença; (3) atenção focada; (4) engajamento; e (5) distorção de tempo. Por outro lado, Rodriguez-Sanchez e Schaufeli [2] declararam que as dimensões anteriores poderiam ser simplificadas em apenas três aspectos fundamentais: (1) absorção, (2) prazer e (3) interesse intrínseco.

Com base na literatura recente, os requisitos mínimos para que uma atividade conduza um indivíduo a fluxo de estado, deve fornecer o equilíbrio entre o nível de desafio e a capacidade necessária para que a pessoa complete a atividade. Se a dificuldade de um desafio for maior do que o nível de habilidade da pessoa, ele fica ansioso. Em contraste, se a dificuldade do desafio for menor do que a capacidade da pessoa, ela tende a ser uma atividade chata [24].

Na área de desenvolvimento de jogos, a Teoria do Fluxo tem sido amplamente usada e estudada em diferentes aspectos, como frameworks para desenvolvimento de jogos que levem ao estado de fluxo e avaliação de jogos, no intuito de identificar se o jogo foi capaz de induzir seus jogadores ao estado de fluxo. No âmbito da avaliação de jogos educativos, diferentes escalas de fluxo (do inglês “*flow state scale* (FSS)”), tem sido desenvolvidas com o objetivo de avaliar se os jogos educativos conseguem levar os jogadores/estudantes ao estado de fluxo.

2.4 Avaliação de Jogos Educativos

A avaliação de um jogo educativo deve ser feita com metodologias específicas, pois a incorporação desses aplicativos só se justifica quando possibilita um avanço qualitativo nos processos de ensino-aprendizagem [Gladcheff *et al.* [4]. Assim, algumas metodologias com fins específicos de avaliar jogos educativos têm surgido.

Dentre essas metodologias, a *LORI*, proposta por Medeiros *et al.* [17] foi desenvolvida como um guia de avaliação de objetos de aprendizagem. Esta avaliação é composta por nove itens. **(1) Qualidade do Conteúdo:** apresentação equilibrada das ideias com nível apropriado de detalhes; **(2) Alinhamento da Aprendizagem:** Alinhamento entre as metas de aprendizagem, atividades, avaliações e características dos alunos; **(3) Feedback e Adaptação:** Conteúdo adaptável e feedback de acordo com as características do aluno; **(4) Motivação:** Capacidade de motivar o interesse; **(5) Design da Apresentação:** Referente à informação visual; **(6) Usabilidade:** Facilidade de navegação e qualidade dos recursos de ajuda da interface; **(7) Acessibilidade:** Facilidade do acesso independente de plataforma; **(8) Reusabilidade:** Habilidade para usar em diferentes contextos de aprendizagem; **(9) Aderência a padrões:** Adesão às normas e especificações internacionais.

Além dessa metodologia, o modelo de avaliação de treinamentos de Kirkpatrick [10] também tem sido utilizado para detectar o quanto à aplicação dos jogos é eficiente. O modelo é dividido em quatro níveis, onde cada nível tem sua importância e, conforme se passa de um nível para outro seguinte, o processo se torna mais complexo e demorado, porém fornece resultados mais valiosos. Os níveis são: **(1) Reação:** onde se mede a satisfação e valor percebido do treinamento pelos participantes. **(2) Aprendizagem:** levanta o quanto os participantes podem mudar de atitude, ampliar seus conhecimentos e/ou habilidades; **(3) Comportamento:** identifica o quanto os participantes mudaram seu comportamento em decorrência do que foi aprendido; **(4) Resultados:** identifica os ganhos obtidos no treinamento.

Baseado na Teoria do Fluxo proposta por Csikszentmihalyi [16], Fu *et al.* [12] propôs a *FSS EGameFlow*, específica para medir o quão prazeroso é o jogo para o jogador, ou em outras, para identificar se o jogo consegue ou não levar os jogadores ao estado de fluxo. Essa avaliação é composta por nove diferentes

dimensões ligadas a Teoria do Fluxo: **Concentração:** Jogos devem exigir concentração; **Desafio:** Jogos devem ser desafiadores e corresponderem ao nível de habilidade do jogador; **Habilidade do Jogador:** Jogos devem apoiar o desenvolvimento da habilidade do jogador; **Controle:** O jogador deve ter sensação de controle sobre suas ações no jogo; **Objetivos Claros:** Jogos devem fornecer metas claras ao jogador; **Feedback:** O jogador deve receber feedback adequado em momentos apropriados; **Imersão:** O jogador deve ter envolvimento profundo; **Interação Social:** Jogos devem apoiar e criar oportunidades de interação social; e **Aprendizagem:** O jogo deve ser capaz de auxiliar na aprendizagem dos estudantes.

Apesar das metodologias apresentadas terem diferentes perspectivas, a escala *EGameFlow*, que é composta por 42 questões, geralmente aplicada em escalas de um a sete sobre os sentimentos dos jogadores quanto ao jogo, proposta por Fu *et al.* [12] tem sido amplamente usada em estudos que tem o intuito de avaliar de forma mais profundas, jogos em contexto educacionais, sendo assim, umas das mais usadas maneiras para avaliação de jogos educativos e escolhida para ser usada como instrumento deste estudo.

2.5 Trabalhos Relacionados

Nos últimos anos, diferentes estudos têm sido conduzidos com o intuito de virtualizar e avaliar jogos para diferentes cenários. Oliveira *et al.* [33] apresentaram em dois trabalhos diferentes, dois jogos “Conquistando com Resto” e “Desafios com Palitos”, para o ensino de conceitos de divisão, e raciocínio lógico (respectivamente), desenvolvidos por meio do processo de Virtualização de Jogos. Ambos foram avaliados em termos de usabilidade (interface) com resultados positivos.

Oliveira *et al.* [33] avaliaram dois jogos educativos, em aspectos computacionais de interface e aspectos pedagógicos, de forma quantitativa e qualitativa para o ensino de Matemática. Nesta mesma perspectiva, dos Santos e da Silva Junior [28] apresentaram os resultados do processo de virtualização de jogos em dois jogos tradicionais usados no ensino de Matemática, estes jogos foram avaliados em termos de usabilidade e aspectos pedagógicos e os resultados permitiram constatar que os jogos foram eficazes como mecanismo de apoio ao processo de ensino e aprendizagem de conteúdos específicos da disciplina de Matemática.

De modo geral, este e outros trabalhos conduzidos recentemente neste domínio, têm produzido resultados iniciais importantes, como a virtualização e avaliação de diferentes jogos educativos. No entanto, a maioria destes jogos não foi desenvolvida por metodologias específicas para a virtualização de jogos, bem como, suas avaliações foram concentradas em métricas específicas, relacionadas aos aspectos pedagógicos ou de usabilidade dos jogos, destacando assim, a importância de usarem-se metodologias específicas para a virtualização de jogos educativos, bem como, submeter estes jogos a diferentes processos de avaliação.

3 VIRTUALIZAÇÃO

O processo de virtualização do jogo foi conduzindo seguindo metodologia EGV[®] proposta por Santos e Silva Junior [27]. A escolha deu-se pelo fato da metodologia ter sido desenvolvida especificamente para Virtualização de Jogos Educativos, englobando todas as etapas do processo, bem como pelo fato da mesma ter sido avaliada empiricamente em cenário real.

3.1 EGV: Metodologia para Virtualização de Jogos Educativos

Esta metodologia é considerada uma metodologia de “alto nível”, desenvolvida para proporcionar uma estrutura geral que englobe as principais fases do processo de virtualização de jogos educativos, começando pela escolha do jogo tradicional, abordando todo o processo de desenvolvimento do jogo e finalizando no lançamento e divulgação do jogo [25]. De modo geral, a metodologia é composta por três fases principais: *Pré-produção*, *Produção* e *Pós-produção*.

A fase de *pré-produção* visa englobar os passos relacionados à escolha do jogo tradicional, análise de requisitos e prototipagem do jogo, a etapa de *produção* visa cobrir as etapas relacionadas à implementação do jogo, desde a sua documentação até o teste do jogo e a fase de *pós-produção*, visa abordar a avaliação do jogo, lançamento e manutenção.

A fase de *pré-produção* é composta por duas etapas gerais: (i) escolha do jogo tradicional responsável pela avaliação de problemas e análise de requisitos (requisitos funcionais e requisitos não funcionais) e (ii) prototipagem, responsável pela prototipagem física e prototipagem virtual do jogo.

A fase de *produção* é composta por quatro etapas gerais: (i) game design, responsável pela elaboração da documentação do jogo (Game Design Document (GDD)), (ii) projeto, responsável pela modelagem conceitual do jogo, diagramas de fase e projeto de banco de dados, (iii) implementação, responsável pela programação, arte, interface, cenário, personagens, recursos e áudio e (iv) integração, responsável por integrar os componentes e testar a execução e fluxo de fases.

Finalmente, a fase de *pós-produção* é composta por três etapas gerais: (i) avaliação conceitual, responsável pela avaliação qualitativa, avaliação pedagógica e avaliação psicológica do jogo, (ii) avaliação do projeto, responsável pela avaliação quantitativa (avaliação da usabilidade e avaliação do projeto do jogo) e (iii) implantação, responsável pela liberação e ativação do jogo. (Para uma revisão completa, ver Santos e Silva Junior [25]).

3.2 Desafios das Diagonais

O jogo Desafio das Diagonais é composto por 10 fases, organizadas de acordo com seu nível de dificuldade. Em cada uma das fases, o jogador é solicitado a resolver um desafio matemático (implícito no jogo) de raciocínio lógico, envolvendo operações básicas e formas geométricas. O jogo é apresentado em três diferentes níveis (fácil, médio ou difícil), apresentando ainda opções de dicas e tutoriais ao longo do jogo.

Ao iniciar o jogo, na primeira tela o jogador tem a opção de verificar o ranking geral do jogo, escolher uma determinada fase ou iniciar o jogo (Figura 1). Caso a escolha jogador seja por verificar as fases e desafios disponíveis, verá uma tela com as opções, sendo que a primeira estará desbloqueada, precisando o jogador resolver o desafio da primeira, para ter acesso a segunda e assim sucessivamente (Figura 2). Finalmente, caso o jogador opte por iniciar o jogo, a primeira vez, verá um tutorial textual explicando como deve proceder durante o jogo (Figura 3).

Ao iniciar uma das fases do jogo, basicamente o jogador verá uma explicação seguida de um tutorial simples, mostrando como o mesmo pode buscar a resolução do desafio. A Figura 4 mostra o tutorial explicativo da primeira fase do jogo e a Figura 5 mostra a fase primeira fase do jogo. Ademais, as fases seguintes seguem a mesma estrutura gráfica e comportamental da primeira.



Figura 1: Desafios das Diagonais: Tela inicial¹

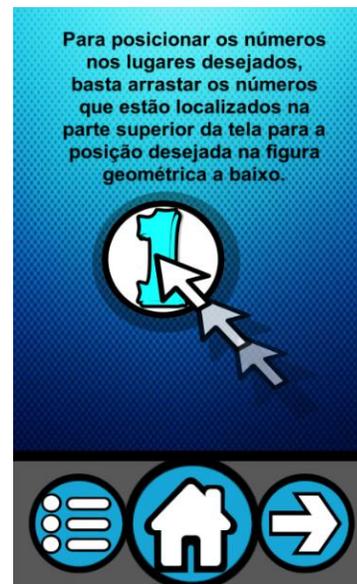


Figura 3: Tutorial geral



Figura 2: Desafio das Diagonais- Tela de Escolha das Fases (versão Beta Mobile)

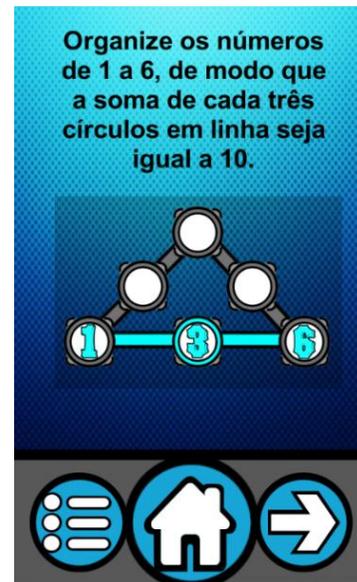


Figura 4: Tutorial da primeira fase

¹ O jogo desafios das diagonais é um produto da empresa Virtualize Games® e pode ser acessado por meio do site: <http://virtualizegames.com/>

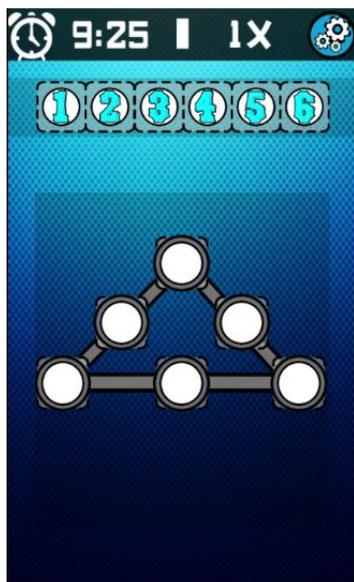


Figura 5: Fase 1

4 AVALIAÇÃO

O experimento de avaliação do jogo foi conduzido seguindo o modelo de objetivos, questões e métricas (do inglês, *Goal Question Metrics (GQM)* Wollin *et al.* [8]). O experimento conduzido neste estudo é caracterizado como quantitativo, visando identificar as percepções de um grupo de estudantes com relação ao jogo.

4.1 Método

O experimento foi executado através do método de análise de respostas do usuário. Neste método, a avaliação é realizada através da análise direta dos reportes dos participantes do experimento com relação a algum determinado item ou elemento (neste caso, o jogo educacional usado no experimento). Para obtenção da avaliação do jogo, foi usada a escala *EGameFlow* proposta por Fu *et al.* [12] que tem o objetivo de avaliar jogos educativos tradicionais ou digitais, amplamente usada na comunidade, para avaliação de jogos educativos. A escala é composta por 42 questões (sete pontos, escala Likert) divididas em oito diferentes aspectos (concentração, objetivos claros, feedback, desafio, autonomia, imersão, interação social e melhoria da aprendizagem).

4.2 Participantes

Os participantes foram $N=19$ (11 do sexo masculino, sete do sexo feminino, além de um que preferiu não reportar), estudantes de ensino fundamental de uma escola pública brasileira. A média de idade dos estudantes era 14 anos. Com relação à frequência na qual costumam jogar, destes 19 estudantes, seis costumam jogar sempre, cinco jogam ocasionalmente, três raramente e cinco nunca jogam (ver Figura 6).

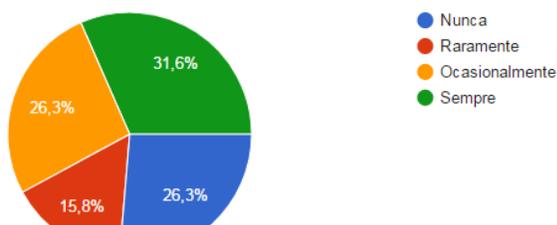


Figura 6: Frequencia em costumam jogar

4.3 Execução

Na primeira etapa, os estudantes foram convidados a participar do experimento, neste momento, uma carta de aceitação foi entregue aos estudantes, para que os mesmos pudessem entregar aos seus pais ou responsáveis. Na segunda etapa, os estudantes que aceitaram participar do experimento foram convidados a jogar o jogo anteriormente apresentado por no mínimo 20 minutos. Neste momento os estudantes foram distribuídos em 19 computadores e puderam jogar a versão online no jogo durante aproximadamente 20 minutos. Finalmente, após os estudantes terem a oportunidade de jogar, na terceira etapa, os mesmos foram convidados a responder o questionário de avaliação (*EGameFlow*).

4.4 Resultados e Discussões

Os resultados foram coletados e organizados individualmente por cada questão da escala usada no experimento e categorizados de acordo com cada dimensão avaliada. Inicialmente, foram utilizadas três diferentes métricas (média aritmética, mediana e moda). As questões G1, G2, G3 e G4 coincidentemente da segunda dimensão avaliada (objetivos claros) obtiveram a melhor avaliação por parte dos estudantes, com a média de 5.79, 5.32, 5.26 e 5.05 (em escala de zero a sete), respectivamente.

A dimensão de “concentração”, uma das principais dimensões que levam a aprendizagem, também apresentou uma alta média na avaliação dos estudantes (C1= 4.68, C2= 4.68, C3= 3.84, C4= 4.16, C5= 4.26 e C6= 4.16). Esses resultados, aparentemente indicam que o jogo apresentou clareza de objetivo, bem como, os estudantes apresentaram um alto nível de concentração durante o jogo.

Por outro lado, as questões I7, I5 e I6, da dimensão de “imersão”, apresentaram um nível baixo na avaliação dos estudantes (2.95, 3.21 e 3.26, respectivamente). Ao mesmo tempo, a dimensão de “autonomia” também recebeu uma baixa avaliação dos alunos (A1= 3.53, A2= 3.79 e A3= 3.47). Estes resultados podem indicar que os estudantes não estavam imersos no jogo nem usaram sua autonomia durante o jogo. A melhoria do conhecimento, também medida pela escala, apresentou uma boa avaliação em quatro das cinco questões desta categoria (K1 = 4.42, K2 = 4.05, K3 = 4.79 e K4 = 3.95).

Finalmente, é possível perceber que algumas dimensões medidas neste experimento foram mais bem avaliadas que outras, especialmente as dimensões de objetivos claros e concentração, que tendem a fazer os estudantes permanecerem por mais tempo no jogo, podendo levar a aprendizagem, por outro lado, algumas dimensões não foram bem avaliadas, com destaque imersão e autonomia, que podem levar os jogadores a não terem uma sensação de motivação e prazer ao jogar. Estes resultados preliminares indicam que em geral, o jogo foi bem aceito pelos estudantes, proporcionado uma melhoria na aprendizagem dos estudantes, no entanto, deve ser aprimorado em alguns aspectos, no intuito de proporcionar uma experiência mais completa e prazerosa aos jogadores. O apêndice A apresenta os resultados obtidos em cada questão da escala *EGameFlow*, de acordo com as métricas utilizadas e as organizando em categorias.

Apesar dos resultados anteriormente apresentados e discutidos, nos trazerem resultados importantes sobre o desempenho do jogo, com o intuito de aprofundar a avaliação conduzida, testes estatísticos foram conduzidos com o intuito de obter resultados mais profundos por meio da avaliação realizada, iniciando pela avaliação da normalidade dos dados, que permitem realizar outros testes mais profundos.

Com o intuito de analisar de forma específica cada uma das oito dimensões avaliadas, inicialmente foi utilizado teste *Shapiro-Wilk* proposto Shapiro e Wilk [22] em 1965, para avaliação da normalidade dos dados, baseando-se na estatística W dada por:

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2}$$

em que x_i são os valores da amostra ordenados ($x_{(1)}$ é o menor). A constante b é determinada da seguinte forma:

$$b = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1} \times (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é par} \\ \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_{n-i+1} \times (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é ímpar} \end{cases}$$

em que a_{n-i+1} são constantes geradas pelas médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho n de uma distribuição normal. A realização do teste se dá por meio do teste de hipóteses baseado no nível de significância do teste (α), normalmente $0,05$. Assim, para qualquer $P < 0,05$ a amostra é tida como anormal.

$$\begin{cases} H_0 : \text{A amostra provém de uma população Normal} \\ H_1 : \text{A amostra não provém de uma população Normal} \end{cases}$$

O teste de normalidade de dados foi aplicado na media geral de cada uma das dimensões. A partir do resultado obtido, foi identificada a situação da amostra (normal ou anormal). A Tabela 1 organiza os resultados da aplicação do teste de Shapiro-Wilk para cada dimensão avaliada.

Tabela 1: Teste de Normalidade Shapiro-Wilk

Dimensão	w-valor	p-valor	Hipótese
Concentração	0.96212	0.6148	H_0
Objetivos Claros	0.88341	0.02463	H_0
Feedback	0.97667	0.8971	H_0
Desafio	0.94562	0.3319	H_0
Autonomia	0.91438	0.08911	H_0
Imersão	0.9558	0.4927	H_0
Interação social	0.95847	0.5426	H_0
Melhoria da Aprendizagem	0.94604	0.3376	H_0

O teste Shapiro-Wilk anteriormente aplicado é considerado adequado para populações com amostra entre sete e 2000, no entanto, quando se busca provar estatisticamente a normalidade de dados, é sugerido o uso de outros testes que possam corroborar com as análises e atestar com maior grau de profundidade, a normalidade ou anormalidade das amostras Razali e Wah [19]. Dentre os testes possíveis, o mais adequado e usado pela comunidade é o teste de Kolmogorov-Smirnov proposto por Kolmogorov [3] e validado por Smirnov [20], com a atualização de Lillie.

O teste de Kolmogorov-Smirnov analisa uma amostra aleatória simples X_1, X_2, \dots, X_n de uma população com função de distribuição acumulada contínua F_x desconhecida, dada pela função a seguir, corresponde à distância máxima vertical entre os gráficos de $F(x)$ e $F_n(x)$ sobre a amplitude dos possíveis valores de x :

$$D_n = \sup_x |F(x) - F_n(x)|$$

Onde, $F(x)$ representa a função de distribuição acumulada assumida para os dados; e $F_n(x)$ representa a função de distribuição acumulada empírica dos dados. Assim, testa-se a hipótese $H_0 : F_x = F$ contra a hipótese alternativa $H_1 : F_x \neq F$. Neste teste, a função de distribuição acumulada assumida para os

dados é definida por $F(x_{(i)}) = P(X \leq x_{(i)})$ e a função de distribuição acumulada empírica é definida por uma função escada, dada pela fórmula a seguir (onde I_A é a função indicadora):

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{\{(-\infty, x]\}}(x_{(i)})$$

Assim, a função indicadora do teste é definida da seguinte forma:

$$I_A = \begin{cases} 1; & \text{se } x \in A \\ 0; & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Deste modo, o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, assim como o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para media geral de cada dimensão avaliada. A Tabela 2 organiza os dados resultantes de cada dimensão analisada.

Tabela 2: Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov

Dimensão	d-valor	p-valor	Hipótese
Concentração	0.13399	0.4931	H_0
Objetivos Claros	0.14884	0.326	H_0
Feedback	0.11253	0.7603	H_0
Desafio	0.10595	0.8312	H_0
Autonomia	0.15826	0.2399	H_0
Imersão	0.10842	0.8057	H_0
Interação social	0.14227	0.3958	H_0
Melhoria da aprendizagem	0.14303	0.3874	H_0

Diante dos resultados obtidos por meio do teste Kolmogorov-Smirnov, não foi percebido nenhum dado com discrepância suficiente para denotar uma população não normal. Nem mesmo a segunda dimensão avaliada (Objetivos Claros), que foi indicada como uma população não normal pelo teste de Shapiro-Wilk foi confirmada como uma população não normal. No entanto, foi possível perceber que a mesma foi a que teve uma maior proximidade de uma população não normal.

Finalmente, no intuito de remover-se qualquer dúvida em relação à normalidade dos dados, uma análise gráfica de normalidade, aplicada sob a forma de histograma, também foi aplicada para a dimensão avaliada. Os resultados podem ser observados no Apêndice B deste artigo. Os resultados dos histogramas indicam que apenas as dimensões de Objetivos Claros e Aprendizagem podem partir de uma distribuição não normal.

Diante dos três testes realizados, é possível notar que apenas a dimensão de Objetivos Claros, de fato apresentou indícios de população não normal, em ambos os testes aplicados. Sendo assim, para as dimensões com população de distribuição normal, foi utilizado o teste estatístico t (*t Student*), teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula quando a estatística de teste (t), recomendado para verificar populações normais. Para a dimensão com distribuição não normal, foi escolhido o teste de Wilcoxon, teste de hipóteses não paramétrico utilizado quando se deseja comparar duas amostras relacionadas, usado como uma alternativa ao teste t , quando não se pode aferir sobre uma população normal.

Para as amostras com população normal, um dos testes mais utilizados por sua robustez e precisão, mesmo para populações pequenas, é o teste t *Student* (ou *t test*), que foi introduzido em 1908 por William Sealy Gosset [21]. O teste t para média de uma amostra consiste em medir a probabilidade da média da amostra em questão ter apresentado o valor observado \bar{x} ou algo mais extremo, dada à média da população μ_0 . Para fazer isso,

estipulamos, por exemplo, que a hipótese nula é $\bar{x} \leq \mu_0$ e que, por consequência, a hipótese alternativa é $\bar{x} > \mu_0$. Usamos a seguinte fórmula para o cálculo da estatística t :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Onde: \bar{x} é a média, μ_0 é o valor fixo usado para comparação com a média da amostra, s é o desvio padrão e n é o tamanho da amostra.

Em nosso estudo, o valor de μ_0 foi estabelecido como 4,0, valor cuja experiência da métrica avaliada pode ser iniciada, por exemplo, valor cujo estado de concentração pode ser iniciado. Os valores de \bar{x} , p -valor e intervalo de confiança, gerados por meio do teste, são apresentados na Tabela 3.

O teste de Wilcoxon utilizado como alternativa ao teste t , foi introduzido por Frank Wilcoxon [13], e é baseado nos postos (rankings) dos valores obtidos da população. Postos são as posições, representados por números, que os valores ocupam quando colocados em ordem crescente. Todos s testes realizados neste estudo, foram conduzidos pelo software R.

Tabela 3: Testes estatísticos

Dimensão	t(v)-valor	p-valor	Média	IF (95%)
Concentração	0.89324	0.8082	4.298421	4.877752
Objetivo Claros*	139.5	0.9987	5.355263	-
Feedback	0.3674	0.6412	4.136842	4.78271
Desafio	0.17987	0.5704	4.078947	4.840041
Autonomia	-0.98877	0.1679	3.596316	4.304282
Imersão	-0.73495	0.2359	3.692632	4.417847
Interação Social	-0.69486	0.248	3.727895	4.406952
Melhoria da Aprendizagem	-0.1202	0.4528	3.957895	4.565333

Legenda

*: Teste de Wilcoxon; IF: Intervalo de confiança.

Diante dos resultados obtidos, é possível perceber que o jogo é capaz de levar os estudantes a determinadas dimensões avaliadas, porém, falha em outras dimensões. O jogo demonstra ser capaz de levar os estudantes a um estado de concentração, bem como, apresenta objetivos claros e feedback aos estudantes, levando também os mesmos a sentirem-se desafiados ao longo do jogo. Porém, em nenhuma dessas dimensões, as experiências foram profundas.

As dimensões de autonomia imersão e interação social, não conseguiram ser oportunizadas pelo jogo. De modo especial, a dimensão de interação social, não é prioridade do jogo, que foi pensado para ser jogado individualmente (de modo geral, sem interação social). No entanto, as dimensões de autonomia e imersão não conseguiram ser proporcionada aos estudantes, destacando que o jogo precisa ser revisto de modo a proporcionar um maior nível de imersão aos seus jogadores que também devem se tornar mais autônomos no jogo.

A dimensão de aprendizagem, umas das principais, por se tratar de um jogo educativo, de acordo com a avaliação, não foi atingida no nível esperado, demonstrando que pode ser necessário o jogo ser revisto em relação à forma de proporcionar uma melhor aprendizagem aos estudantes. Assim, finalmente, é possível perceber que o jogo consegue atingir importantes dimensões, como (concentração, objetivos claros, feedback e desafio), no entanto, precisa ser revisto em determinados aspectos para que

possa melhorar em relação aos aspectos como: autonomia, imersão, interação social e aprendizagem.

5 AMEAÇAS A VALIDADE

Esta sessão descreve preocupações que devem ser melhoradas em replicações futuras deste estudo e outros aspectos que devem ser levados em conta para generalizar os resultados da avaliação realizada. Em geral, o estudo visou minimizar muitas das ameaças discutidas nesta seção. Para organizar esta sessão, as ameaças à validade foram classificadas de acordo com as categorias: *interna*, *externa*, *construção* e *conclusão* Wohlin *et al.*, [8].

Interna: Como o experimento envolve a participação ativa dos seres humanos, torna-se propenso a uma série de ameaças internas, como: (i) história - é possível que o momento em que o experimento ocorreu, fatos possam ter afetado os resultados, no entanto, esta ameaça foi minimizada ao permitir que os estudantes participassem das experiências de jogo de forma livre, sem interferência de outros estudantes ou de seus professores; (ii) maturação - uma vez que os participantes usaram o jogo durante aproximadamente 20 minutos, para depois responder ao questionário, é possível que eles estivessem entediados ou cansados ao responder à pesquisa; e (iii) viés positivo - uma vez que esta experiência não está emparelhada (isto é, os indivíduos apenas analisam um software (jogo)), é possível que os participantes não tenham uma base para comparação com outros jogos educativos, bem como, é possível que pelo fato dos estudantes não estarem acostumados a dispor de jogos em seu contexto escolar, venha a ocorrer o “efeito novidade” que tende os estudantes a avaliar o software de uma maneira diferente do que avaliaria em uma situação cotidiana.

Externo: Os participantes do experimento são representativos apenas para o contexto escolar. Em particular, como descrito anteriormente, os participantes eram estudantes de uma escola de ensino médio. Desta forma, talvez não possamos ser capazes de generalizar os resultados dessa experiência para outros contextos, sendo assim os aspectos desta avaliação devem ser ampliados para outros ambientes acadêmicos para obter resultados mais genéricos.

Construção: As ameaças desta categoria estão relacionadas principalmente ao fato que estudo apresentado mede diferentes itens e diferentes aspectos, de modo que alguns podem não ser medidos por meio de perguntas. Para minimizar estas ameaças, selecionamos metodologias e instrumentos empiricamente validados e utilizados comumente em estudos empíricos científicos da comunidade de Informática na Educação.

Conclusão: As ameaças desta categoria estão ligadas diretamente a execução final do estudo em alguns aspectos bem como ao reporte do experimento. Durante a execução do experimento, o jogo apresentou alguns problemas técnicos (travamentos). Esta situação pode ter prejudicando alguns aspectos da avaliação. Ao mesmo tempo, a quantidade de participantes pode não ser suficiente (estatisticamente) para obterem-se determinadas conclusões definitivas sobre o estudo, podendo ser importante reproduzir este experimento com uma maior amostra, no intuito de confirmar e generalizar os resultados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do desafio contemporâneo de desenvolver jogos por meio do processo de virtualização de jogos, bem como, avaliar estes jogos, este estudo conduziu um experimento no intuito de virtualizar e avaliar um jogo para o ensino de Matemática. O jogo foi desenvolvido por meio da metodologia EGV[®] proposta por Santos e Silva Junior [25] e avaliado por meio da escala

EGameFlow desenvolvida por Fu *et al.* [12] que avalia jogos educativos a partir de 8 diferentes perspectivas.

Neste sentido, foi conduzido um experimento quantitativo, com uma amostra formada por 19 estudantes de ensino fundamental de uma escola pública Brasileira. Os resultados mostraram que o jogo foi bem avaliado em algumas dimensões específicas (e.g. clareza dos objetivos, concentração e aprendizagem), no entanto não foi eficaz em outros aspectos importantes como imersão e autonomia, demonstrado que o jogo apesar de bem aceito pelos estudantes e poder contribuir com a melhoria no aprendizado dos mesmos, precisa ser refinado em alguns aspectos, a fim de proporcionar uma melhor experiência aos seus jogadores.

Diante do estudo realizado e dos resultados obtidos, vislumbra-se e recomenda-se como trabalhos futuros, a realização de estudos mais generalizados, virtualizando e avaliando novos jogos para diferentes disciplinas e conteúdos, bem como, avaliando este e outros jogos em diferentes perspectivas, além de discutir de forma mais profunda os resultados obtidos neste estudo. Destaca-se ainda como estudo futuro, o desenvolvimento de uma metodologia específica para avaliação de jogos desenvolvidos por meio do processo de virtualização de jogos educativos.

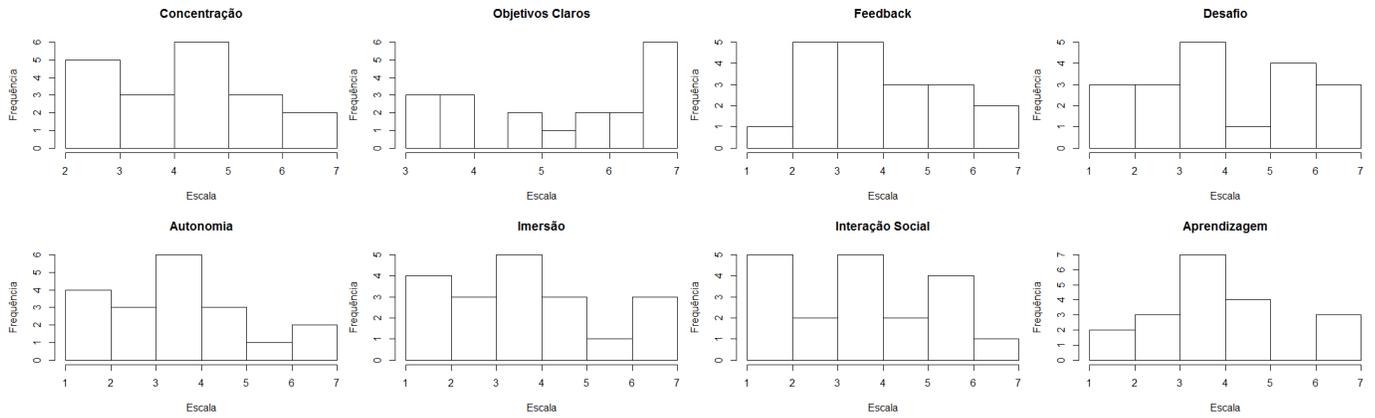
REFERÊNCIAS

- [1] A. Faiola, C. Newlon, M. Pfaff, O. Smyslova. Correlating the effects of flow and telepresence in virtual worlds: Enhancing our understanding of user behavior in game-based learning. In *Computers in Human Behavior*, 29(3), 1113-1121, 2013.
- [2] A. M. Rodriguez-Sanchez, W. B. Schaufeli. Flow experience among information and communication technology user. In *Psychological Reports*, 102, 29–39, 2008.
- [3] A. N. Kolmogorov. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. na. 1933.
- [4] A. P. Gladcheff, E. M. Zuffi, M. D. Silva. Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental. In *Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE)*, Fortaleza-CE. 2011.
- [5] C. A. Anderson, A. Shibuya, N. Ithori, E. L. Swing, B. J. Bushman, A. Sakamoto, M. Saleem. Violent video game effects on aggression, empathy, and prosocial behavior in eastern and western countries: a meta-analytic review. In *Psychological bulletin*, 136(2), 151, 2010.
- [6] C. A. Anderson, D. A. Gentile. Violent Video Game effects on Aggressive thoughts, feelings, physiology, and Behavior. In *Media Violence and Children: A Complete Guide for Parents and Professionals*, 229, 2014.
- [7] C. Linehan, G. Bellord, B. Kirman, Z. H. Morford, B. Roche. Learning curves: analysing pace and challenge in four successful puzzle games. In *Proceedings of the first ACM SIGCHI annual symposium on Computer-human interaction in play* (pp. 181-190). ACM, 2014.
- [8] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, A. Wesslén. Experimentation in software engineering. In *Springer Science & Business Media*, 2012.
- [9] D. L. Hoffman, T. P. Novak. Marketing in hypermedia computer-mediated environments: Conceptual foundations. In *Journal of Marketing*, 60(2), 50–68, 1996.
- [10] D. L. Kirkpatrick. Evaluating Training Programs - The Four Levels. In *Berrett-Koehler Publishers, Inc*, 1994.
- [11] Essential facts about the computer and video game industry: 2015 sales, demographic and usage data. *Entertainment Software Association*, 2015.
- [12] F. L. Fu, R. C. Su, S. C. Yu. EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. In: *Computers & Education*, 52(1), 101-112, 2009.
- [13] F. Wilcoxon. Individual comparisons by ranking methods. In *Biometrics bulletin*, 1(6), 80-83, 1945.
- [14] J. Scoresby, B. E. Shelton. Visual perspectives within educational computer games: effects on presence and flow within virtual immersive learning environments. In *Instructional Science*, 39(3), 227-254, 2011.
- [15] K. Lofgren. 2015 Video Game Statistics & Trends Who's Playing What & Why? In: <http://www.bigfishgames.com/blog/2015-global-video-game-stats-whos-playing-what-and-why/>. Accessed: 09/March/2016, 2015.
- [16] M. Csikszentmihalyi. Flow: The psychology of optimal experience. In *New York: Harper-Collins*, 1990.
- [17] M. O. Medeiros, J. Schimiguel. Uma Abordagem Para Avaliação De Jogos Educativos: Ênfase No Ensino Fundamental. In *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)*, v. 10, n. 3, 2012.
- [18] N. Kerimbayev. Virtual learning: Possibilities and realization. In *Education and Information Technologies*, 1-13, 2015.
- [19] N. M. Razali, Y. B. Wah. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. In *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33, 2011.
- [20] N. Smirnov. Table for estimating the goodness of fit of empirical distributions. In *The annals of mathematical statistics*, 19(2), 279-281, 1948.
- [21] R. Mankiewicz. The story of mathematics. Cassell. P. 158, 2000.
- [22] S. S. Shapiro, M. B. Wilk. An analysis of variance test for normality (complete samples). In *Biometrika*, 52(3-4), 591-611, 1965.
- [23] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, J. M. Boyle. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. In *Computers & Education*, 59(2), 661-686, 2008.
- [24] W. Admiraal, J. Huizinga, S. Akkerman, G. Ten Dam. The concept of flow in collaborative game-based learning. In *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1185-1194, 2011.
- [25] W. O. Santos, C. G. da Silva Junior. An Introduction to Educational Games Virtualization. In *Tutorials of XV Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment (SBGames)*, São Paulo, Brazil, 2016.
- [26] W. O. Santos, C. G. da Silva Junior. Challenges of Games Virtualization Applied to Educational Games. In *V Workshop of Challenges of Computers in Education* (pp. 597-606), 2016.
- [27] W. O. Santos, C. G. da Silva Junior. State of the Art in Educational Games Virtualization. In *RENOTE*, 14(1), 2016.
- [28] W. O. Santos, C. G. da Silva Junior. Virtualização de Jogos Educativos: Uma Experiência no Ensino de Matemática. In *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 24(2), 2016.
- [29] W. O. Santos, S. R. Silva Neto, C. G. Silva Junior. Uso de Games no ensino da Matemática. Uma proposta de virtualização dos jogos tradicionais, para uso como mecanismo de apoio ao processo de ensino e aprendizagem. In *Anais do Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação*, Recife-PE, 2013.
- [30] W. Oliveira, C. G. da Silva Junior. Pesquisa, Desenvolvimento e Avaliação de um Jogo para o Ensino de Matemática, Baseado no Processo de Virtualização de Jogos. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação* (Vol. 4, No. 1, p. 145), 2015.
- [31] W. Oliveira, D. Borges, J. José, I. I. Bittencourt, C. G. da Silva Junior. Desafios com Palitos: Um Jogo Para o Ensino de Conceitos Específicos de Matemática. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação* (Vol. 4, No. 1, p. 334), 2015.
- [32] W. Oliveira, J. José, D. Borges, I. I. Bittencourt, C. G. da Silva Junior. Conquistando com o resto: Um jogo para o ensino de conceitos de divisão. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação* (Vol. 4, No. 1, p. 342), 2015.
- [33] W. Oliveira, S. Neto, C. G. da Silva Junior, I. I. Bittencourt. Avaliação de Jogos Educativos: Uma Abordagem no Ensino de Matemática. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)* (Vol. 26, No. 1, p. 657), 2015.

Apêndice A: Resultado da avaliação.

Fator	Ref.	Conteúdo	Média	Mediana	Moda
Concentração	C1	A maior parte das atividades do jogo está relacionada com as tarefas de aprendizagem	4.68	5	7
	C2	Não é "apontada" nenhuma distração na tarefa.	4.68	5	7
	C3	De modo geral, eu consegui permanecer concentrado durante o jogo	3.84	4	1
	C4	Eu não fico distraído nas tarefas que exigem concentração do jogador	4.16	4	3
	C5	Eu não fico sobrecarregado com as atividades que não estão relacionadas	4.26	5	7
	C6	A carga de trabalho do jogo é adequada	4.16	4	4
Objetivos Claros	G1	Em geral, os objetivos do jogo foram apresentados no início do jogo	5.79	7	7
	G2	Os objetivos gerais do jogo foram apresentados de forma clara	5.32	6	7
	G3	Os objetivos intermediários são apresentados no início de cada fase	5.26	6	7
	G4	Os objetivos intermediários foram apresentados de forma clara	5.05	6	7
Feedback	F1	Eu recebo feedback do meu progresso no jogo	4.63	5	7
	F2	Eu recebo feedback imediato das minhas ações o jogo	4.42	4	4
	F3	Eu sou notificado de novas tarefas imediatamente	3.58	4	1
	F4	Eu sou notificado de novos eventos imediatamente	3.42	4	1
	F5	Eu recebo informações sobre o meu sucesso (ou fracasso) das metas intermediárias imediatamente	4.63	4	4
Desafio	H1	O jogo fornece "dicas" textuais que me ajudaram a superar os desafios	3.89	4	7
	H2	O jogo oferece "suporte on-line" que me ajudou a superar os desafios	3.68	4	1
	H3	O jogo oferece vídeos ou outros elementos auxiliares que me ajudaram a superar os desafios	3.58	4	1
	H4	A dificuldade dos desafios aumenta à medida que as minhas capacidades são melhoradas	4.79	6	7
	H5	O jogo oferece os novos desafios em um ritmo adequado	4.05	4	7
	H6	O jogo oferece diferentes níveis de desafios que se adaptam aos diferentes níveis de habilidade dos jogadores	4.47	4	4
Autonomia	A1	Eu sinto um senso de controle e impacto sobre o jogo	3.53	4	1
	A2	Eu sei qual será meu próximo passo no jogo	3.79	4	4
	A3	Eu sinto uma sensação de controle sobre o jogo	3.47	4	3
Imersão	I1	Eu "não vejo o tempo passar" durante o jogo	3.79	4	1
	I2	Eu tenho consciência do meu entorno durante o jogo	4.21	4	7
	I3	Eu esqueço temporariamente as preocupações sobre a vida cotidiana durante o jogo	4.11	4	1
	I4	Eu experimento o sentido de tempo alterado durante o jogo	4.32	4	4
	I5	Eu posso me envolver com o jogo	3.21	3	1
	I6	Eu me sinto emocionalmente envolvido com o jogo	3.26	2	1
	I7	Eu me sinto visceralmente envolvido com o jogo	2.95	3	1
Interação social	S1	Sento que posso cooperar com outros colegas	4.05	4	1
	S2	Eu colaboro fortemente com os outros colegas	4.37	4	7
	S3	A cooperação no jogo é útil para a aprendizagem	4.53	4	7
	S4	O jogo suporta a interação social entre os jogadores (chat, etc.)	2.95	3	1
	S5	O jogo suporta comunidades/clans dentro do jogo	3.21	4	1
	S6	O jogo suporta comunidades/clans fora do jogo	3.26	4	1
Melhoria da aprendizagem	K1	O jogo aumenta meu conhecimento	4.42	4	7
	K2	Eu "pego" as ideias básicas apresentadas	4.05	4	4
	K3	Eu tento aplicar o conhecimento no jogo	4.79	5	7
	K4	O jogo motiva o jogador a integrar o conhecimento ensinado	3.95	4	4
	K5	Eu quero saber mais sobre o conhecimento ensinado no jogo	2.58	3	1

Apêndice B: Gráficos de Normalidade.



Apêndice C: Gráfico da Experiência de Fluxo dos Estudantes.

