

A abordagem construtivista no desenvolvimento de um *serious game* do gênero *escape room*

Leonardo Tortoro Pereira (leonardop@usp.br)

Fernando Henrique Carvalho Silva (fernandohc@usp.br)

Paula Toledo Palomino (paulatpalomino@usp.br)

Claudio Fabiano Motta Toledo (claudio@icmc.usp.br)

Seiji Isotani (sisotani@icmc.usp.br)

Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação - ICMC - USP
São Carlos, SP, Brasil

Resumo: O presente trabalho apresenta uma pesquisa e experimento na área de aprendizagem baseada em jogos digitais, utilizando-se da abordagem construtivista para o desenvolvimento de um *serious game* educacional do gênero *escape room* cujo objetivo é ensinar conceitos básicos de lógica de programação para estudantes que nunca tiveram contato com a área. O experimento consistiu da aplicação de questionário pré-teste, intervenção com a interação dos alunos com o *game* e questionário pós-teste, a fim de verificar dois aspectos da aprendizagem: a assimilação do conteúdo em si e a transferência de conhecimento.

Palavras-chave: Construtivismo, Serious Games, Aprendizagem baseada em Jogos Digitais, Escape Room, Lógica de Programação.

I. INTRODUÇÃO

Os jogos digitais têm evoluído de forma acelerada. Todo o investimento em tecnologia e a inventividade artística tornaram possível essa realidade em que um sistema interativo é, ao mesmo tempo em que um software lógico e exato, uma forma de expressão artística e social, plausível de ser utilizada em diversos contextos, desde o simples entretenimento até de forma educacional e/ou como ferramenta de treino [1].

Pode-se dizer, portanto, que a área de estudos relacionada aos jogos digitais é multidisciplinar. É comum encontrar pesquisas nas áreas de ciências da computação, cujos focos são relacionados às características gráficas, tecnológicas e lógicas, bem como pesquisas nas áreas de design, comunicação e artes, com focos nos aspectos artísticos, narrativos e criativos e pesquisas nas áreas pedagógicas e da ciência da aprendizagem, focando no potencial cognitivo dos games, como demonstra a grande quantidade de artigos apresentados no congresso anual SBGames¹, que tem diversas trilhas de pesquisa, incluindo Arte e Design, Computação, Cultura, Indústria e a nova trilha específica para Educação, a partir de 2018.

Os jogos digitais também influenciam diversas áreas como a saúde, economia e o ensino. Nota-se a materialização dessa influência por meio da inserção desses *softwares* como meios de ensino nos chamados *Serious Games* [2], ou mesmo através da utilização de seus conceitos em ambientes externos a eles, através da gamificação. Esse movimento, segundo Prensky, ocasionou o advento da área de *Digital Game-Based Learning* [3], que estuda como os jogos digitais influenciam e/ou podem ser utilizados nos processos educacionais. Para Azadegan, o termo *serious games* é atribuído aos jogos digitais com um propósito, focados em processos de treinamento e utilizados principalmente por empresas [4]. Pesquisas realizadas na última década, como as de Clarke et al., (2012) [5], Connolly et al (2012) [6], Dunwell et al (2014) [7] e Rocha et al (2015) [8] já demonstram os impactos positivos do uso de *Serious Games* nos processos de ensino.

No que tange aos estudos sobre educação, nas últimas décadas, buscou-se o entendimento das limitações do cérebro, como a informação é processada e como ocorre o processo de aprendizagem a fim de nos guiar no design de um ambiente mais efetivo que facilitasse essa aprendizagem. Assim, diversas abordagens foram desenvolvidas, tendo como principais o paradigma behaviorista, o paradigma cognitivista e o mais recente deles, o paradigma construtivista. Cada visão possui seus méritos, limitações e princípios, sendo importante notar que nenhum desses paradigmas e princípios foram abandonados pela academia em favor dos mais novos; ao invés disso, cada paradigma foca em um aspecto diferente da aprendizagem [9].

O presente trabalho focou-se em aplicar os princípios construtivistas no desenvolvimento de um *serious game* do gênero *escape room*, cujo objetivo é ensinar princípios de lógica de programação para pessoas que nunca tiveram contato com a área antes. Partimos da premissa de que, ao trabalhar com o princípio de que os estudantes podem construir o conhecimento através de suas interações com o ambiente, poderíamos criar um espaço virtual (no caso o

¹ <http://www.sbgames.org/sbgames2018>

jogo), preparado para essa interação, em que os jogadores devem aprender os conceitos lógicos ao resolver quebra-cabeças para escapar de uma determinada sala, conforme será detalhado nas próximas seções. Foi então realizado um experimento, cuja estrutura também será abordada no decorrer deste artigo, culminando na conclusão com os resultados finais da pesquisa.

II. PRINCÍPIOS DA APRENDIZAGEM

Durante a primeira metade do século XX, a abordagem de aprendizagem dominante era a do Behaviorismo, que focava na aprendizagem instrumental e reforço extrínseco (e.g., Thorndike, 1913 [10]; Pavlov [11], 1927; Skinner, 1974 [12]). Não se havia uma preocupação com o processo mental enquanto se aprendia; ao invés disso focava-se nos eventos ambientais e comportamentos observáveis (*inputs* e *outputs*). Pode-se dizer então que os behavioristas observam as relações entre o estímulo e a resposta, e como o ambiente molda essa relação.

Na segunda metade do século XX, a psicologia cognitiva se tornou bastante popular, enfatizando os processos mentais como a percepção, atenção, memória e motivação e levando em conta as limitações do cérebro para criar um design mais efetivo de ambientes de aprendizagem. Segundo Blumberg [13], um aspecto delicado e que se relaciona com esse paradigma, é a transferência de conhecimento. Geralmente assume-se que o que é aprendido num determinado contexto pode ser facilmente transferido para outro, ou seja, o que foi aprendido num contexto multimídia pode ser transferido para situações reais. No entanto no que concerne ao design instrucional de aplicações, essa afirmação não é acurada e costuma representar um grande desafio a ser conquistado pelos pesquisadores na área de educação (um dos motivos pelos quais neste experimento, buscamos desenvolver o jogo de forma a propiciar essa real transferência de conhecimento, avaliando-a depois com os testes pós intervenção no experimento - ver seção V neste artigo).

Jean Piaget é um dos teóricos mais conhecidos do paradigma construtivista, que buscou entender como as crianças constroem o conhecimento através de suas interações com o ambiente [14]. De acordo com as teorias construtivistas, nós aprendemos ao fazer - ao ativamente construir nosso conhecimento, e o ambiente pode agir como um facilitador (ou um obstrutor). A ênfase neste caso é no próprio processo de aprendizagem, e que se relaciona diretamente com a forma com que nossa memória funciona: quanto mais profundo for o nível do processamento de informação, melhor a retenção de conhecimento [15]. O estudante dessa forma é encorajado a explorar, descobrir e experimentar desde que um feedback imediato o informe sobre seus sucessos e falhas

(seja através de professores ou um ambiente de aprendizagem como o jogo desenvolvido neste experimento). Esta abordagem enfatiza a importância do aprendizado com propósito (em oposição ao aprendizado forçado) ou significado.

Seymour Papert, um matemático e professor inspirado pela teoria construtivista de Piaget acreditava que a aprendizagem era mais eficiente quando o estudante podia experimentar com o material de uma forma concreta e com significado. Sua teoria desenvolveu-se a partir dos anos 60 e culminou no desenvolvimento da linguagem de programação Logo, que permitia às crianças programar em computadores. Nessa linguagem, o usuário controlava um cursor virtual (uma tartaruga) de uma forma divertida, pois o objetivo era desenhar. As crianças tinham que encontrar uma forma de ensinar a tartaruga a desenhar da forma que elas quisessem, experienciando por exemplo com geometria. Se uma criança, por exemplo, quisesse desenhar uma casa, ela primeiro precisaria ensinar a tartaruga a desenhar um quadrado. No processo, ela aprenderia através de seus erros e sucessos as características inerentes de um quadrado - como o fato de um quadrado ter quatro lados e quatro ângulos de 90 graus). Assim, para desenhar um quadrado, ela precisava dizer à tartaruga “Repeat 4 [forward 50 right 90]”, como demonstrado na figura abaixo.

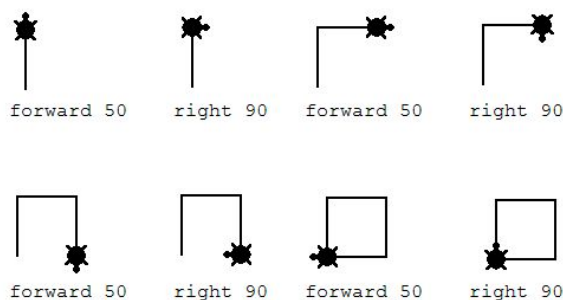


Figura 1. Logo Graphics Turtle © Logo Foundation.

De acordo com Papert, com isso, geometria tornou-se acessível à uma criança de forma que “o conhecimento é adquirido para um propósito pessoal que é reconhecível” porque a “criança faz algo com ele”. Em suma, ao invés de pensar numa forma para que o computador ensinasse as pessoas, Papert permitiu às crianças aprenderem ao deixá-las ensinar o computador a fazer algo significativo para elas [16]. Esse experimento foi uma das inspirações para a construção deste trabalho.

III. APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS DIGITAIS

De acordo com Prensky, a utilização de jogos digitais em propostas de ensino-aprendizagem é conhecida, em inglês, por digital game-based learning, ou DGBL.[2] Uma revisão sistemática de 2012, realizada por Hwang e Wu, pesquisaram o estado da arte da DGBL numa

perspectiva mundial, catalogando 137 artigos publicados em sete periódicos da área entre 2001 e 2010, revelando que pesquisas nessa área são crescentes [17].

Um estudo da arte das concepções pedagógicas utilizadas em serious games com foco pedagógico realizada por Wu et al em 2012, identifica as teorias de aprendizagem adotadas como concepção pedagógica na construção de jogos digitais educacionais.

A tabela abaixo sumariza os resultados encontrados:

TABELA 1. CLASSIFICAÇÃO DE CONCEPÇÕES E TEORIAS DE APRENDIZAGEM PRESENTES EM ARTIGOS SOBRE DGBL. FONTE: ADAPTADO DE WU ET AL. (2012, p.1158)[18]

Concepção Pedagógica	Teoria da Aprendizagem
Behaviorismo (13%)	Instrução direta
	Instrução programada
	Teoria da aprendizagem social
Cognitivismo (14%)	Teoria da atribuição causal
	Teoria da elaboração
	Desenvolvimento cognitivo
	Condições de aprendizagem
Humanismo (22%)	Teoria da aprendizagem experiencial
Construtivismo (51%)	Teoria do desenvolvimento social
	Aprendizagem baseada em problemas
	Aprendizagem cognitiva
	Aprendizagem por descoberta
	Aprendizagem baseada em casos
	Aprendizagem situada
	Aprendizagem como atividade lúdica
	Aprendizagem sob a perspectiva da teoria ator-rede

Por essa tabela podemos ver que a grande parte dos *serious games* educacionais baseiam-se nas teorias de aprendizagem construtivistas.

Segundo Bazzo et al., o desafio das escolas e dos educadores atuais está em encontrar ferramentas que rompam com algumas tradições vigentes no ensino,

promovendo mudanças estruturais na educação tecnológica, da qual se incluem os jogos digitais [19].

Dessa forma, neste experimento, buscou-se desenvolver um *serious game* educacional que lidasse com as teorias construtivistas de aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem como atividade lúdica.

IV. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

A. Definições

Como o foco do experimento foi ensinar conceitos condicionais de lógica de programação e avaliar a aprendizagem e transferência de conhecimento desses mesmos conceitos, o design do jogo seguiu as seguintes etapas: primeiramente definimos a plataforma de desenvolvimento (Unity 3D), o gênero (*Escape Room*) e a estética do jogo (estilo 2D em *pixel art*, misturando temática medieval e futurista).

Escape Room é um subgênero dos jogos de *adventure point-and-click*, em que o jogador precisa escapar de determinado lugar explorando suas redondezas. A sala geralmente consiste de uma porta trancada, objetos a serem manipulados e pistas ou compartimentos secretos. O jogador deve utilizar os objetos para interagir com outros itens na sala e revelar a forma de escapar. A escolha do gênero se deu pois, como trabalhamos com a abordagem construtivista e queríamos efetivamente criar um ambiente que fosse exploratório e facilitasse o processo de aprendizagem sem ser invasivo, ao pesquisar os gêneros disponíveis concluímos que o *escape room* forneceria o arcabouço mais adequado para essa abordagem e experimento.

A história do jogo pode ser vista resumidamente na sinopse a seguir:

“Um grande *wizard installer* cansou da sua vida de servir os humanos e instalar seus programas e resolveu se vingar desinstalando todos os softwares de todos os computadores ligados à rede. Um jovem mago deve deter seu antigo mentor e se tornar o novo *wizard installer* do reino!

Para isso ele deve passar pelas armadilhas que seu antecessor instalou nas salas da torre e chegar ao terminal principal, onde provará seu valor!”

Abaixo, imagem da *sprite-sheet* utilizada para o personagem principal:



Figura 2. *Wizard Installer*, personagem principal. Fonte: dos autores.

Até o momento foi desenvolvida apenas a primeira sala, a fim de testar os primeiros conceitos básicos e validar seu aprendizado com os questionários do experimento (a serem explicados no tópico a seguir).



Figura 3. Screenshot da sala do jogo. Fonte: dos autores.

B. Design e implementação dos quebra-cabeças

O jogo, com download gratuito através da plataforma itch.io² e código disponível no repositório na plataforma Bitbucket³, teve sua implementação em Unity, utilizando a linguagem de programação C#.

A partir de uma visão *top-down*, na qual a câmera é perpendicular ao plano do jogo, o jogador assume o controle de um avatar em um mundo de 2 dimensões (2D), com liberdade de movimento para qualquer direção, cuja única ação possível é interagir com o cenário, ao apertar um botão próximo de um objeto.

O principal objetivo do jogo consiste em ativar os 3 painéis receptores, destacados em vermelho na Figura 4. Para ativá-los, o jogador deverá coletar os 3 cristais presentes no jogo ao interagir na sequência correta com os outros objetos do cenário. Cada cristal possui uma cor e, ao ser inserido no emissor de energia (destacado em roxo na Figura 4), emitirá uma luz da mesma cor (verde, vermelha ou azul). Cada cor é responsável por ativar seu respectivo receptor e, a partir do momento que o jogador

obtém um cristal, ele pode alterar qual é colocado no emissor à vontade.

Os dois objetos destacados em amarelo na Figura 4 são abstrações de operadores condicionais. Caso a energia que passe por ele seja de mesma cor do cristal presente no operador condicional, ela será desviada para a direção apontada por este (esquerda para o operador vermelho e direita para o azul). Assim sendo, ela será direcionada para sua fonte correta.

Através destes operadores é possível demonstrar o funcionamento de operadores condicionais, elementos essenciais de lógica de programação. Uma vez que esta demonstração se dá a partir dos esforços do jogador, sem intervenção dos desenvolvedores em tutoriais ou explicações do funcionamento da mecânica, o aprendizado ocorre dentro de um contexto construtivista.



Figura 4. Destaque dos elementos de jogo. Fonte: dos autores.

A Figura 5 apresenta uma cena dentro do jogo, na qual uma energia da cor azul está sendo desviada pelo operador condicional de mesma cor. É possível também observar os receptores de cores verde e vermelha já ativos.



Figura 5. Operador condicional em ação. Fonte: dos autores.

Portanto, a sequência de conhecimentos apresentada sobre lógica condicional pode ser resumida em: caso a energia não seja da cor do operador, ela não interagirá com este (conceito do operador *else/senão*). Caso ela seja da mesma cor, interagirá (conceito do operador *if/se*). Por fim, caso ela não seja da cor do primeiro operador

² <https://leotpereira.itch.io/wizardinstall>

³ <https://bitbucket.org/DrWily/escaperoom/src/master/>

(vermelho) mas seja da cor do segundo (azul), ela interagirá com este (conceito do operador *else if*/senão se).

Os outros elementos de jogo consistem em objetos interativos que devem ser visitados na ordem correta para dar prosseguimento à narrativa. Cada objeto dará uma pista para o próximo passo do quebra-cabeça, ou, quando for um dos objetos que guarda um cristal, dará este cristal caso o jogador responda corretamente uma charada simples sobre cores, como mostra a Figura 6. O jogador deverá usar os botões de movimentação para escolher a resposta desejada, podendo refazer a charada até acertar. Ao fornecer a resposta correta, o cristal é adicionado ao seu inventário.



Figura 6. Charada que libera o cristal verde. Fonte: dos autores.

A interação com os outros objetos dá-se pela emissão de uma simples mensagem, como presente na Figura 7.



Figura 7. Interação com um dos objetos de cenário, guiando o usuário para o próximo objetivo. Fonte: dos autores.

V. EXPERIMENTO

A. Objetivo e perfil dos participantes

O objetivo principal do experimento foi avaliar a aprendizagem dos estudantes através de um *serious game* construtivista que ensina conceitos condicionais de programação para pessoas com nenhum conhecimento prévio na área cuja idade varia entre 18 e 40 anos.

B. Questões e Hipóteses

O embasamento do design do experimento levou em conta a questão de pesquisa "Os alunos aprendem mais com materiais tradicionais?" e a hipótese de que "os

estudantes podem aprender melhor através de material não tradicional".

C. Preparação do Experimento

Optamos por realizar a avaliação deste experimento através de questionários pré-teste e pós-teste.

Primeiramente os alunos foram apresentados a uma breve explicação sobre a estrutura do experimento e o tempo esperado de interação com o jogo, e de resposta dos questionários, bem como receberam um link para fazer o download da versão executável da aplicação.

D. Estrutura do Experimento

A estrutura do experimento foi dividida em três etapas: pré-teste, intervenção e pós-teste. As questões apresentadas buscaram avaliar tanto o conhecimento adquirido dos alunos quanto a transferência desse conhecimento para outras áreas não diretamente relacionadas à original, ou seja, a transferência dos conceitos que foram compreendidos ao se resolver os quebra-cabeças do jogo para as expressões condicionais de lógica de programação.

Na fase do pré-teste os estudantes foram apresentados à uma série de seis exercícios para avaliar o nível de conhecimento anterior em conceitos de condicionais de lógica de programação. Os exercícios foram apresentados em diagramas e representações de pseudocódigo dos conceitos abordados no jogo, já que nosso objetivo foi avaliar o conhecimento conceitual ao invés de uma linguagem de programação específica.

Na fase de intervenção os estudantes foram apresentados ao jogo e buscaram resolver os quebra-cabeças para escapar da sala.

Na fase de pós-teste os alunos foram apresentados à mais seis exercícios similares aos do pré-teste em formatação e nível de dificuldade, em que pudemos avaliar os efeitos do jogo na aquisição do conhecimento.

E. Conceitos Trabalhados e Forma de Avaliação

Os conceitos ensinados e avaliados neste experimento foram os conceitos condicionais encontrados em qualquer linguagem de programação de *IF*, *ELSE* e *ELSE IF*, conforme explicado anteriormente na seção sobre o desenvolvimento do jogo.

Os dois aspectos que buscamos validar (aquisição do conhecimento e transferência dele) foram avaliados pela diferença de perguntas corretas respondidas no pré-teste e pós-teste, sendo que estes continham questões específicas para avaliar cada um deles.

Em ambos os questionários, buscamos nivelar as questões a fim de que se pudesse ter uma mensuração de como o jogo teria afetado o processo de aprendizagem. Dessa forma, as questões começam mais básicas e se aprofundam um pouco ao final dos questionários, mas entre eles, o nível de dificuldade das perguntas permanece o mesmo.

Como exemplo da questão mais difícil do questionário pré-teste temos:

“De acordo com o diagrama abaixo, qual deve ser a idade de uma pessoa para que o diagrama siga a linha rosa?”

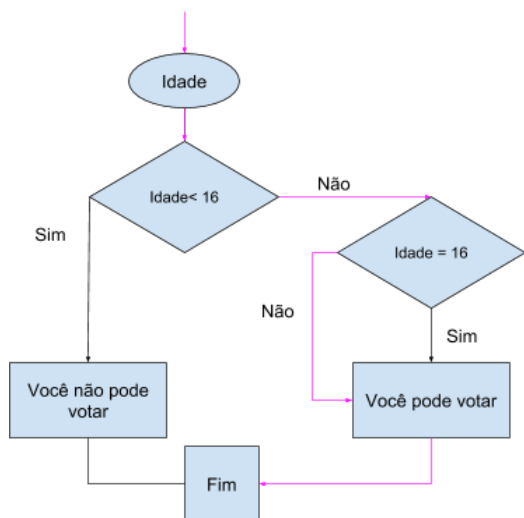


Figura 8. Diagrama da última questão do questionário pré-teste. Fonte: dos autores.

Já no caso do questionário pós-teste, a pergunta de mesma dificuldade foi:

“De acordo com o diagrama abaixo, qual deve ser a idade de uma pessoa para que o resultado obtido seja o indicado pela linha rosa?”

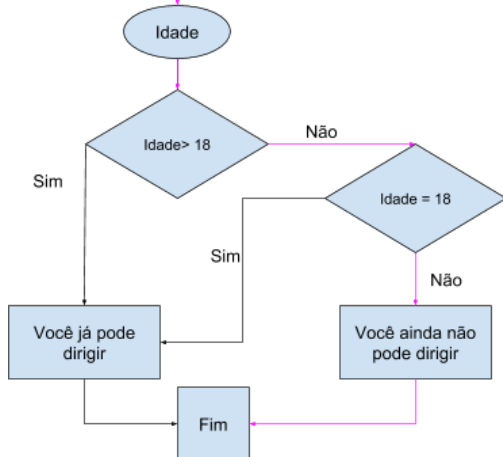


Figura 9. Diagrama da última questão do questionário pós-teste. Fonte: dos autores.

No link <https://goo.gl/55GjR1> é possível visualizar os questionários completos de pré-teste e pós-teste utilizados no experimento.

O jogo e o link foram divulgados através de redes sociais para que o experimento fosse executado, de forma a alcançar um número grande de pessoas, de diferentes perfis. Através desse meio, obtivemos o *feedback* de 17 pessoas. Pelo fato de a divulgação ter sido online, apesar de buscarmos como público alvo pessoas com nenhum conhecimento de programação, obtivemos alguns participantes com conhecimento básico e intermediário (coletamos esse dado com algumas perguntas anteriores ao teste, relacionadas à idade e conhecimento prévio do assunto).

Os resultados individuais dos participantes encontram-se na Figura 10, um gráfico de barras que compara os resultados do pré e pós teste para cada participante.

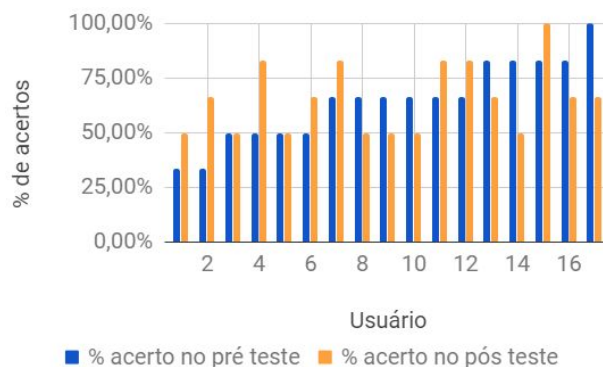


Figura 10. Gráfico de barras comparando o desempenho de cada participante (eixo-x,) em porcentagem (eixo-y), no pré-teste (azul) e pós-teste(laranja). Fonte: dos autores.

Através destes dados, pudemos tirar as seguintes conclusões sobre o desempenho dos estudantes no pré-teste: 11,8% dos participantes acertaram 33,2% do mesmo; enquanto 23,5% acertaram 49,8% das questões; 29,4% acertaram 66,4%; 29,4% acertaram 83% do teste e 5,9% dos participantes acertaram 100% das questões.

Em relação ao pós-teste, 41,2% dos participantes acertaram 49,8% das questões; 29,4% acertaram 66,4%; 23,5% acertaram 83% e 5,9% dos participantes acertaram 100% das questões.

Ao cruzar as informações contidas na tabela, numa análise preliminar, pudemos ver que 35,2% dos participantes tiveram um aumento no acerto de 16,7% no pós teste e 11,8% tiveram um aumento no acerto de 33,3% após jogar o jogo. No entanto, 29,4% dos estudantes tiveram uma queda no acerto de 16,7% no pós teste e 11,8% tiveram queda de 33,3% de acerto após jogar o jogo. Por fim, 11,8% dos participantes permaneceram com o mesmo nível de acerto em ambos os testes.

Concluimos então que, no total 47% dos participantes tiveram um aumento no acerto das questões do pós-teste após jogarem o jogo, mas 41,2% deles tiveram uma queda no acerto das questões, e 11,8% dos estudantes não tiveram alteração no nível dos acertos de um teste para o outro, após a intervenção.

A Figura 11 mostra a média de acertos dos participantes em cada teste. É possível observar um pequeno aumento na média dos acertos no pós-teste (em laranja) em relação ao pré-teste (em azul).



Figura 11. Gráfico de barras comparando a média do desempenho dos participantes no pré-teste (azul) e pós-teste (laranja), em porcentagem (eixo-y). Fonte: dos autores.

VI. CONCLUSÕES

Após a análise dos dados do experimento, consideramos o mesmo inconclusivo para responder nossas perguntas de pesquisa e confirmar nossas hipóteses, devido ao fato de que, apesar de confirmarmos um aumento na porcentagem de acertos entre um teste e outro, após a interação com o jogo desenvolvido (em média 47%), também constatamos uma queda (menor, mas mesmo assim com uma ampla margem, de 41% aproximadamente) e uma porcentagem de alunos que não teve mudança alguma em seu entendimento das questões (aproximadamente 11%). Uma vez que a amostra de participantes é insuficiente para apresentarmos uma análise estatística adequada, não é possível concluir se, de fato, houve aprendizado através do jogo.

Concluimos que a proposta e a teoria que embasou nosso experimento possui potencial, porém, é preciso encontrar maneiras de aumentar o engajamento do público ao experimento para obter dados mais conclusivos. Uma das possibilidades é a parceria com professores do ensino fundamental e médio para que eles realizem o experimento em sala com seus alunos. Assim, além de garantir uma maior taxa de resposta, obteríamos mais dados do público-alvo da pesquisa.

Além disso, o desenvolvimento de mais níveis do jogo, com maior foco no quebra-cabeças utilizando as

operações condicionais é um dos focos futuros da pesquisa. Alguns dos *feedbacks* obtidos relatam que as pessoas não sentiram haver ligação do que foi visto em jogo com os formulários, indicando que a abordagem construtivista utilizada pode ter sido sutil demais a ponto de não despertar a atenção do jogador ao conteúdo.

Consideramos de extrema valia a experiência e, assim como nossos estudantes, que buscaram construir seu conhecimento em cima de sua exploração e experiência prévias, nós, enquanto pesquisadores fazemos o mesmo, utilizando nossos erros e acertos para construir nossos próprios blocos de conhecimento que nos permitirão evoluir cada vez mais nessa área.

RECONHECIMENTO E AGRADECIMENTOS

Este experimento foi fruto do trabalho final da disciplina *SSC5926 - Sistemas Educacionais Avançados*, ministrada pelo prof. Dr. Seiji Isotani no primeiro semestre de 2018, como parte do programa de pós graduação (mestrado e doutorado) em Ciência da Computação e Matemática Computacional do Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP) de São Carlos, SP, Brasil. Agradecemos nossos professores e orientadores Dr. Seiji Isotani e Dr. Cláudio Fabiano Motta Toledo por todo o apoio e conhecimento, aos nossos colegas por tantas discussões frutíferas, e em especial aos participantes de nosso experimento, por dedicarem seu tempo e atenção e nos ajudarem a construir o trabalho resultante dele. Agradecemos ainda à CAPES, PROCAD-CAPES, CNPq, FAPESP e ao ICMC/USP pelo apoio financeiro e institucional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- [1] H. Jenkins, "Convergence Culture: Where Old and New Media Collide", NYU Press, 2008.
- [2] D. Michael, S. Chen, "Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform," Cengage Learning PTR, 1st Edition, 2005.
- [3] M. Prensky. Digital game-based learning. Computers in Entertainment, v.1 n. 1, out 2003.
- [4] A. Azadegan, Serious Games Integration in Companies: A Research and Application Framework,, 2012 IEEE 12th International Conference on, jul. 2012.
- [5] S. Clarke, et al. PR:EPARE: A Game-Based Approach to Relationship Guidance for Adolescents. Procedia Computer Science, v. 15, p. 38–44, jan. 2012.
- [6] T. M. Connolly, et al. Computers & Education: A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. v. 59, p. 661–686, 2012.
- [7] I. Dunwell, et al. A game-based learning approach to road safety Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human

- factors in computing systems - CHI '14. Anais. New York, New York, USA: ACM Press, 26 abr. 2014. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2556288.2557281>>. Acesso em: 30 out. 2017
- [8] R. Rocha, I. Bittencourt, S. Isotani. Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades. CBIE-LACLO 2015.
- [9] P. Ertmer; T. Newby. Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26 (2). Páginas 43-71. (2013).
- [10] E. L. Thorndike. *Educational Psychology: The Psychology of Learning*, (Vol. 2). New York: Teachers College Press, 1913.
- [11] I. P. Pavlov. *Conditioned Reflexes*. London: Clarendon Press, 1927.
- [12] B. F. Skinner. *About Behaviorism*. New York: Knoph, 1974.
- [13] F. C. Blumberg. *Learning by Playing: Video Gaming in Education*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2014.
- [14] J. Piaget. *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux & Niestlé, 1937.
- [15] F. I. M. Craik, & R. S. Lockhart. Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671–684, 1972.
- [16] S. Papert. *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1980.
- [17] G. Hwang, P. Wu. Advancements and trends in digital game-based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, v. 43, n. 1, p. E6–E10, 21 jan. 2012.
- [18] W. Wu et al. Re-exploring game-assisted learning research: The perspective of learning theoretical bases. *Computers & Education*, v. 59, n. 4, p. 1153–1161, dez. 2012.
- [19] W. A. Bazzo, J. L. S. Bazzo, L. T. V. Pereira. *Conversando sobre educação tecnológica*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.