

Jogo S3rio em Realidade Aumentada para o Ensino da Matem3tica: uma Avalia3o de Usabilidade com Crian3as na Condi3o do Espectro Autista

Braian A. S. Alves¹, Silvana T. Faceroli², Ana Paula Xavier³

¹Bacharelado em Sistemas de Informa3o – IF SUDESTE MG – Campus Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG

²N3cleo de Inform3tica - IF SUDESTE MG – Campus Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG

³Departamento de Inclus3o e Aten3o ao Educando - SE/PJF – Juiz de fora - MG

braian.anderson.alves@gmail.com, silvana.faceroli@ifsudestemg.edu.br, anapaulaxavier74@gmail.com

***Abstract.** Mathematical concepts are considered abstract and difficult for children with Autism Spectrum Disorder with intellectual disabilities. Thus, it is important to find alternatives that can contribute to this learning process, especially when dealing with remote or hybrid teaching. This work aims to develop a serious virtual game, in augmented reality, and to evaluate its usability and interaction with the target audience. The game was developed in Unity, with all the features appropriate for individuals on the autistic spectrum, and suitable for use on Android devices.*

***Resumo.** Os conceitos matem3ticos s3o considerados abstratos e de dif3cil compreens3o para crian3as na condi3o do Espectro Autista com defici3ncia intelectual. Desta forma, 3 importante encontrar alternativas que possam contribuir para esse processo de aprendizagem, principalmente quando tratamos de ensino remoto ou h3brido. Este trabalho tem por objetivo desenvolver um jogo s3rio virtual, em realidade aumentada, e avaliar sua usabilidade e intera3o com o p3blico-alvo. O jogo foi desenvolvido em Unity, com todas as caracter3sticas apropriadas para indiv3duos autistas, e pr3prio para uso em dispositivos Android.*

1. Contextualiza3o

O caminho percorrido pela sociedade contempor3nea nos tem colocado frente a desafios de compreender as diferen3as humanas al3m das lentes sociais e como marcadoras de identidade. Na busca por garantir a aprendizagem dentro da diversidade de sujeitos que comp3em o sistema educacional, 3 imperioso o aprofundamento de estudos sobre ferramentas 3teis para consolida3o das garantias de direitos. Neste sentido, a proposta atende a crian3as na condi3o do Espectro Autista uma vez que de acordo com (CUNHA, BORDINI e CAETANO, 2015), a incid3ncia de defici3ncia intelectual (DI) acomete, aproximadamente, 70% dos casos de autismo. Segundo Brentani *et al.* (2013), aproximadamente 60-70% de indiv3duos autistas t3m algum n3vel de defici3ncia intelectual; indiv3duos com autismo leve apresentam faixa normal de intelig3ncia e cerca de 10% deles t3m excelentes habilidades intelectuais para a idade. A DI n3o afeta de forma uniforme todas as pessoas que a apresentam. H3 singularidades, subjetividades,

especificidades, sendo que algumas pessoas necessitam de apoio permanente e amplo e outras de apoio intermitente e limitado (NUNES e FERREIRA, 1994).

A forma como o aluno se relaciona com o saber tem papel importante em seu processo de aprendizagem. Se este aluno se percebe como sujeito de aprendizagem capaz de contribuir ativamente com a construção de saberes no interior de seu grupo, ele certamente terá uma motivação maior na mobilização de seus mecanismos de pensamento (GOMES; POULIN; FIGUEIREDO, 2010 p.12).

Podemos entender a aprendizagem como um processo que permite ao ser humano transformar sua estrutura mental e, assim, possibilitar a compreensão sobre o meio ambiente, mudar seu comportamento e inferir sobre ele. Ou seja, o aprendizado não ocorre isoladamente. Ocorre na interação, é apresentado como resultado de um processo que envolve aspectos biológicos, psíquicos, históricos e culturais. Então, aprender é processo (REGO,2013).

Diante do processo de aprendizagem de crianças autistas e tendo como referência a DI, que algumas crianças nesta condição podem apresentar, o trabalho apresentado se justifica na medida em que busca promover um mecanismo facilitador no processo do aprendizado de conceitos matemáticos, considerados abstratos e de difícil compreensão para aqueles nesta condição.

Dado o novo cenário apresentado teoricamente para a educação, em que entendemos que o aluno é um sujeito ativo de seu processo de aprendizagem e que o professor tem o papel de promotor da ação facilitadora nesse processo, a busca de conhecimento deve começar a partir dos interesses dos alunos. Alguns pesquisadores (Huizinga, 1984; Gardner, 1996) têm demonstrado interesse real no lugar que os jogos ocupam na construção da aprendizagem significativa, com sua forma lúdica e pedagógica. Antunes (2014) afirma que:

A maioria dos filósofos, sociólogos, etólogos e antropólogos concorda em compreender o jogo como uma atividade que contém em si mesmo o objetivo de decifrar os enigmas da vida e de construir um momento de entusiasmo e alegria na aridez da caminhada humana. Assim, brincar significa extrair da vida nenhuma outra finalidade que não seja ela mesma. Em síntese, o jogo é o melhor caminho de iniciação ao prazer estético, à descoberta da individualidade e à mediação individual (ANTUNES, 2014, p. 36-37).

Percebe-se então que os jogos podem ser instrumentos importantes para promover o prazer nos processos de aprendizagem, fazendo com que crianças com autismo possam, de fato, ser produtoras de seu próprio conhecimento.

Nesse contexto, temos o conceito de *Serious Game*, ou seja, jogos sérios. Segundo Miranda (2013, p.5), “Jogos sérios são jogos cujo propósito se estende para lá do mero entretenimento.” Esses jogos têm aplicações variadas como em educação, saúde, treinamento militar e formação empresarial. Eles contribuem com diversas aptidões como capacidade analítica e espacial, memória, proficiência psicomotora, dentre outras. Sobre o potencial desses jogos, Foreman (2003), nos diz que eles colocam o jogador diante de experiências cativantes de uma maneira profunda, dinâmica e visualmente estimulante. Além disso, Suler (1999) *apud* Nanetha et al. (2006) aponta que os jogos sérios provocam intensas reações emocionais porque imitam experiências sensoriais, tão importantes para impulsionar o aprendizado de crianças autistas.

2. Problema Investigado

Percebe-se que os jogos podem ser instrumentos importantes para promover a motivação nos processos de aprendizagem, fazendo com que crianças com autismo possam, de fato, ser produtoras de seu próprio conhecimento.

Atualmente, os jogos que ocorrem em ambientes virtuais têm ganhado espaço principalmente pelo avanço tecnológico dos smartphones e facilidade de acesso a tais tecnologias. Nesse contexto, surgem os jogos em Realidade Aumentada (RA) onde é possível projetar objetos virtuais no mundo real, expandindo as fronteiras da interatividade. Segundo Azuma (1997), “RA é um sistema capaz de integrar elementos 3D do mundo virtual com o mundo real em uma aplicação em tempo real.” A possibilidade de projeção no ambiente de quantidades concretas, pode trazer uma compreensão maior da correlação dos símbolos numéricos com a quantidade real que representam, facilitando o aprendizado dos conceitos básicos da matemática.

A partir disso, este trabalho se baseia na seguinte questão de pesquisa: Diante do processo de aprendizagem de crianças com TEA e tendo como referência a DI, seria bem aceito um jogo sério virtual, em realidade aumentada, para o ensino da matemática por parte dessas crianças?

3. Trabalhos Relacionados

No trabalho de Bernardini *et al.* (2014), foi avaliado um jogo sério virtual construído para ajudar crianças pequenas com condições do espectro do autismo a praticar e adquirir habilidades de comunicação social. Os resultados apresentados mostram, mesmo com muitos desafios ainda a vencer, tendências encorajadoras na eficácia do sistema e no uso de jogos sérios com crianças com TEA.

Em Whyte, Smyth e Scherf (2015), foi investigada a utilização de jogos sérios virtuais, com design gráfico básico, em intervenções em computador para indivíduos com TEA. Verificou-se que houve poucas evidências da capacidade de generalizar tal aprendizado para novas interações sociais de comunicação do dia a dia. Foi proposto que novos designs *gráficos*, mais específicos, fossem testados para a verificação de generalização do aprendizado.

O trabalho de Fridenson-Hayo *et al.* (2017) testou um jogo sério virtual visando ensinar o reconhecimento de emoções a crianças com TEA de forma divertida e inovadora. Nos testes realizados, os pais relataram que houve uma melhora na socialização adaptativa e que as crianças melhoraram significativamente o desempenho na linguagem corporal após oito semanas de uso.

As pesquisas relacionadas mostram que existe muito a caminhar em se tratando do desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para crianças com TEA. No entanto, os resultados são promissores e incentivam a investigação nesta área do conhecimento.

4. Objetivos

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um jogo virtual que permita investigar a usabilidade de jogos sérios em RA como mecanismo facilitador no processo do aprendizado de conceitos matemáticos, considerados abstratos e de difícil compreensão para crianças com TEA, bem como analisar os principais comportamentos apresentados por elas durante o uso do jogo.

Como objetivos específicos, o trabalho busca:

- Definir as características básicas do jogo, considerando o perfil do usuário;
- Propor os requisitos do sistema a partir das características definidas;
- Desenvolver um jogo virtual;
- Avaliar a usabilidade do jogo desenvolvido;
- Elencar os principais comportamentos observados nas crianças com TEA ao utilizar o jogo sério virtual.

5. Desenvolvimento do Jogo Virtual

5.1. Levantamento de Requisitos

A análise de requisitos é uma etapa fundamental na elaboração de um software, independentemente do modelo de engenharia de software adotado (PRESSMAN, 2002). De acordo com Paula Filho (2001), a engenharia de requisitos é composta por conjunto de regras empregadas para levantar, detalhar, documentar e validar os requisitos de um software. Considerando que um jogo digital é um software, esse conceito se estende para a aplicação deste trabalho. A Tabela 1 mostra os requisitos funcionais estipulados para o jogo sério virtual desenvolvido nesta pesquisa.

Tabela 1. Requisitos funcionais do jogo sério

<p>1 - O jogo sério deve ser compatível com a versão Android 4.2 ou superior.</p> <p>1.1 - O jogo sério deve ser instalado no aparelho mobile.</p> <p>1.2 - O jogo sério deve ser executado quando o usuário clicar em seu ícone na tela do dispositivo mobile. (Após a instalação)</p> <p>2 - O jogo sério ao ser executado deve fornecer ao usuário.</p> <p>2.1 - Um cenário em realidade aumentada através da câmera do celular.</p> <p>2.1.1 - O número de acertos consecutivos de equações.</p> <p>2.1.2 - O recorde de acertos consecutivos que irá ficar salvo mesmo após o fechamento do jogo.</p> <p>2.2 - Música relaxante e efeitos sonoros.</p> <p>2.3 - A possibilidade de mover o cenário para onde desejar através do toque na tela do celular.</p> <p>2.4 - A possibilidade de rotacionar e modificar a escala do jogo através do toque da tela do celular.</p> <p>2.5 - A possibilidade do reconhecimento de planos no mundo real para que seja possível ao usuário colocar o cenário em sua própria mão e arrastar o cenário utilizando-a.</p>
--

5.2. Estrutura do jogo

A partir dos requisitos, foram estipulados e desenvolvidos os três elementos fundamentais de um jogo virtual: interface interativa, enredo e motor.

5.2.1. Interface Interativa

A partir dos conhecimentos adquiridos sobre o perfil das crianças com TEA, foram escolhidos o cenário, suas cores e os efeitos sonoros. A interface foi desenvolvida a partir de itens da *Assets Store* da *Unity*, que é uma biblioteca de ativos gratuitos e comerciais criados pela *Unity Technologies*. A *Unity* é uma das *engines* mais utilizadas no Brasil para o desenvolvimento de jogos, sendo ela mundialmente famosa devido aos projetos que já foram desenvolvidos em diversas empresas, e tem como linguagem principal o *C#*.

Por se tratar de um jogo em realidade aumentada, ao ser acionado, o cenário aparece no ambiente. Este cenário é composto por barris coloridos com numerais de 0 a 9, inseridos em um ambiente bucólico com pássaros, borboletas e outros pequenos animais, conforme mostrado na Figura 1. Foi criado também uma mira no centro da tela e botões ao redor da tela, cada botão com sua determinada função. Um botão para reiniciar o jogo, um botão para modificar o modo de jogo e um botão para acertar os barris.



Figura 1. Cenário do jogo sério desenvolvido

Quanto aos efeitos sonoros, foi utilizado um som de fundo com a trilha *Painting Room*, também da *Assets Store* da *Unity*, que se trata de uma música bem tranquila com sons de pássaros. Existe a opção de retirar o som, pois algumas crianças no espectro do transtorno autista apresentam muita sensibilidade auditiva.

5.2.2. Enredo

Por se tratar de uma abordagem dos conhecimentos iniciais da matemática voltados para crianças com TEA e DI, optou-se em desenvolver o jogo com duas etapas.

A primeira etapa trata do reconhecimento dos símbolos numéricos, ou seja, deseja-se que a criança possa compreender a correlação entre um numeral e o número que ele

representa. Ao acertar um dos barris, a quantidade relativa ao numeral do barril aparece na tela em forma de estrelinhas em 3D, trazendo a percepção visual com material concreto.

A segunda etapa tem por objetivo apresentar as operações de soma e subtração. Cada parcela deve ser acertada pelo alvo, assim como o resultado. No caso de resultado correto, as estrelinhas aparecem em verde, enquanto as estrelinhas aparecem em vermelho em caso de erro. A Figura 2 mostra uma sequência de frames no processo de soma.

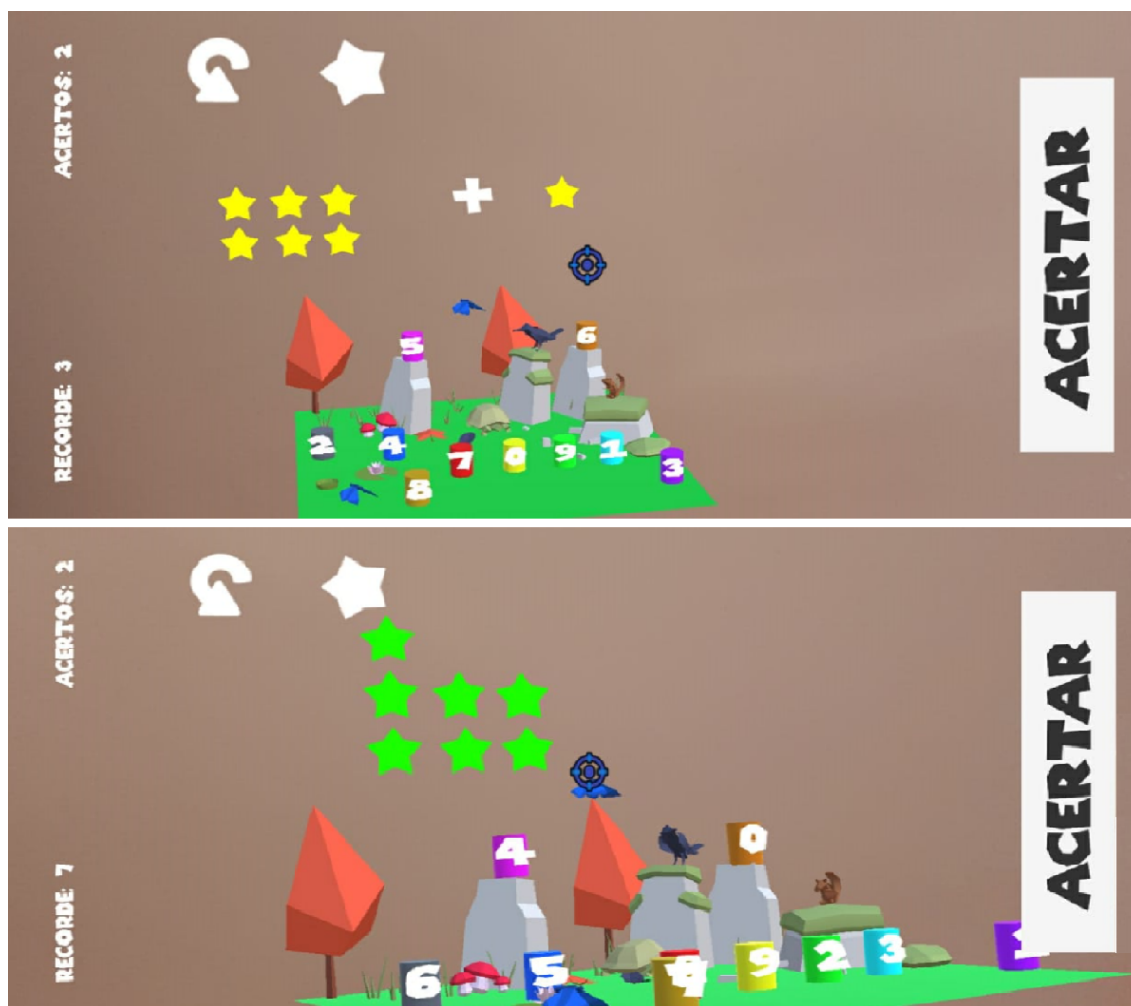


Figura 2. Imagens do jogo realizando a operação de soma

1

5.2.3. Motor de jogo

Após a criação do cenário com foco na jogabilidade foi desenvolvida a programação do jogo. Através da utilização do motor de jogos *Unity* foi possível o desenvolvimento do jogo sério em realidade aumentada.

¹ Software Development Kit (SDK) - conjunto de ferramentas que possibilita aos programadores a criação de novas aplicações.

5.2.4. Realidade Aumentada

Após o cenário e os códigos serem finalizados, o projeto foi transformado em um jogo de realidade aumentada. Para essa transformação, foi utilizado a *EasyAR SDK 3.0*. A *EasyAR* é uma empresa que disponibiliza serviços para múltiplas plataformas facilitando a transformação de um jogo mobile comum para um jogo mobile em realidade aumentada. A utilização do *SDK 3.0* permitiu que o jogo fosse compilado sem marca d'água e sem gastos, pois é uma versão gratuita.

5.2.5. Compilação para Android

Após os ajustes finais do cenário, códigos e a *SDK 3.0*, foi realizada a compilação do jogo. A *Unity* contém várias opções de compilação de projeto e, neste caso, foi utilizada a compilação para Android. Após compilar, foi gerado um arquivo *APK* que, ao ser executado em um dispositivo mobile, o jogo está pronto para iniciar.

6. Avaliação da usabilidade do jogo

Como a avaliação da usabilidade do jogo envolvia seres humanos, este projeto foi submetido para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisas através do sistema CEP/CONEP, tendo parecer favorável sob o CAAE 37292920.6.0000.5588.

6.1. Métrica

De acordo com Cybis(2003), são três as técnicas de avaliação da usabilidade. São elas:

1. Técnicas prospectivas: busca a opinião do usuário sobre sua interação com o sistema;
2. Técnicas diagnósticas: busca os erros sem a informação do usuário;
3. Técnicas empíricas: buscam diagnosticar os erros a partir do usuário interagindo com o sistema.

Neste trabalho, optou-se por utilizar as técnicas prospectivas, onde são aplicados formulários para avaliar o grau de satisfação do usuário. Existem vários questionários disponíveis para avaliar a usabilidade de um sistema ou produto. Visando uma avaliação rápida, com pontuação única e invariante à tecnologia, foi escolhida a escala SUS (*System Usability Scale*). A Tabela 2 mostra o questionário SUS traduzido para o português. Cada questão apresenta cinco possibilidades de resposta, pontuadas de 1 a 5, sendo 1 equivalente a Discordo Fortemente e 5 Concordo Fortemente. A Figura 3 mostra um exemplo de questão do formulário original em inglês.

Tabela 2. Questionário *System Usability Scale* traduzido para o português

ITEM	QUESTÃO EM PORTUGUÊS
1	Eu gostaria de usar este sistema com frequência

2	O sistema é desnecessariamente complexo
3	O sistema é fácil de usar
4	Preciso de ajuda para operar o sistema
5	As diversas funções deste sistema foram bem integradas
6	Existem muitas inconsistências no sistema
7	Muitas pessoas aprenderiam a usar rapidamente
8	O sistema é muito complicado de usar
9	Eu me senti muito confiante ao usar o sistema
10	É preciso aprender muitas coisas antes de usar o sistema

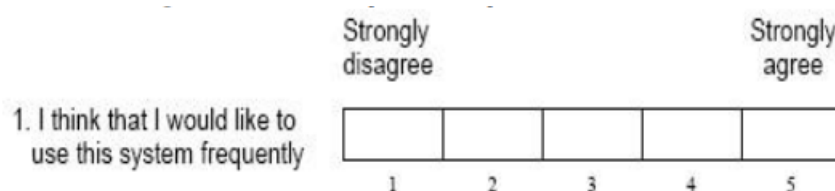


Figura 3. Exemplo de questão do formulário SUS original em inglês
Fonte: (BOUCINHA e TAROUÇO, 2013)

6.2. Participantes

Para esta pesquisa foram convidadas seis crianças entre 6 (seis) e 8 (oito) anos que se encontram na condição do Espectro Autista e apresentam Deficiência Intelectual e frequentam o Atendimento Educacional Especializado (AEE), que utilizaram o jogo em um dispositivo Android. O recrutamento destas crianças foi feito a partir de conversa com os profissionais que realizam o atendimento e que indicaram a condição de cada uma, nos apresentando os respectivos laudos clínicos. Esses profissionais conduziram a experiência.

6.3. Cálculo da pontuação

A pontuação do questionário SUS é calculado seguindo os seguintes passos:

1. Some a pontuação total de todas as questões ímpares e, em seguida, subtraia 5 do total para obter X.
2. Some a pontuação total de todas as questões pares e, em seguida, subtraia esse total de 25 para obter Y.
3. Some a pontuação total dos novos valores $X + Y$ e multiplique por 2,5.

A partir dos formulários preenchidos, foram calculadas as pontuações de acordo com a regra apresentada acima.

7. Resultados e discussões

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos com a aplicação do formulário SUS para cada uma das seis crianças. A Figura 4 mostra os gráficos e o boxplot dos resultados obtidos.

Tabela 3. Resultados obtidos após a aplicação do questionário SUS

Criança	Score total	Score SUS
1	33	87,50
2	40	100,00
3	31	77,50
4	38	95,00
5	35	87,50
6	36	90,00

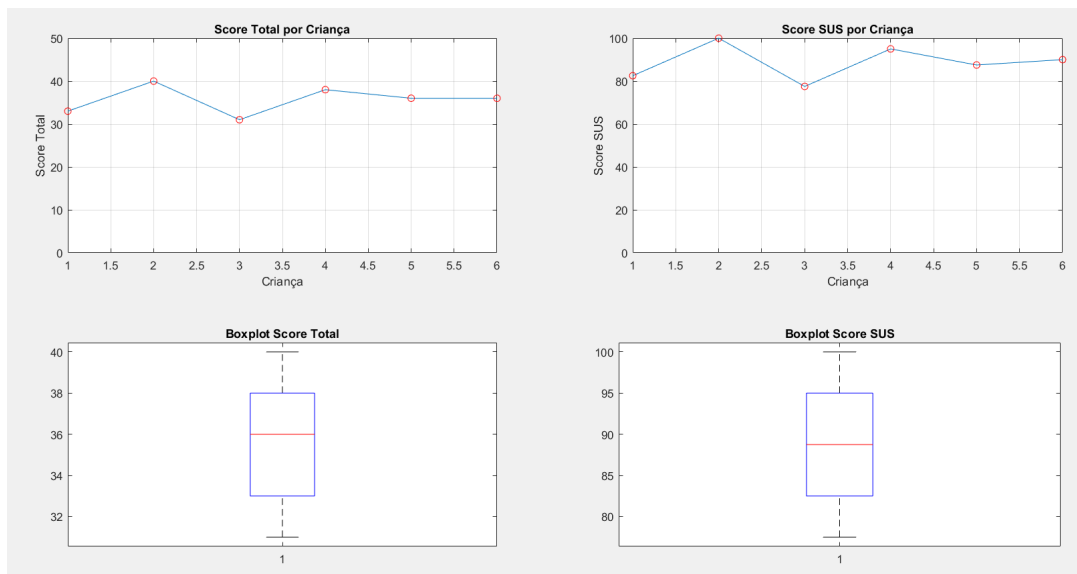


Figura 4. Gráfico dos resultados obtidos com a aplicação do formulário SUS
Fonte: Do Autor (2020)

A pontuação do questionário SUS se enquadra nas categorias: melhor imaginável, excelente, bom, OK, ruim e pior imaginável. A Figura 5 apresenta o método para a avaliação do resultado do formulário SUS.

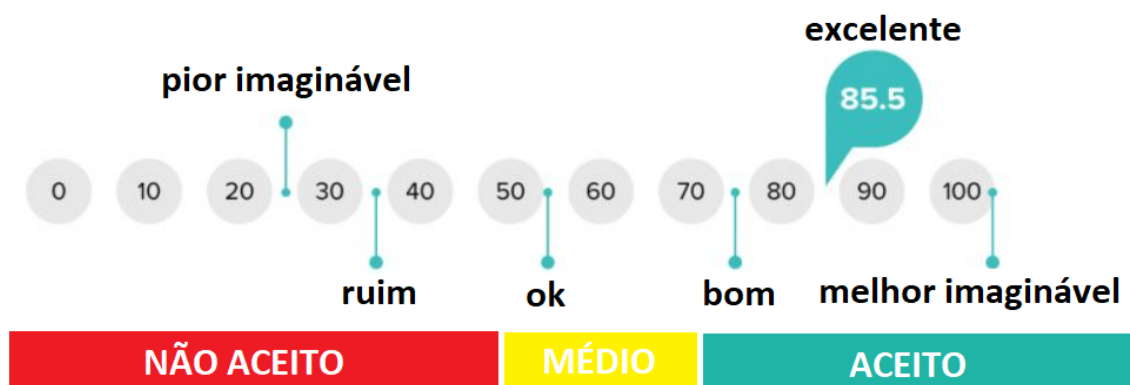


Figura 5. Método de avaliação da pontuação do questionário SUS
 Fonte: <https://10up.com/uploads/2018/11/sus-score-1-768x427.jpg>

Considerando esse método e que a média do Score SUS foi 88,75, a usabilidade do jogo sério proposto foi excelente.

Além da análise da usabilidade, foram realizadas observações por parte das pedagogas que acompanharam a aplicação do jogo virtual. Em relação aos aspectos comportamentais e interacionais das crianças com o jogo, estes se mostraram interessantes na medida em que foi possível perceber a capacidade das crianças de se relacionar com o conteúdo proposto de forma livre e autônoma. Muitas crianças com TEA apresentam severos distúrbios sensoriais o que, muitas vezes dificulta ou até mesmo as incapacitam de estar de forma mais plena na produção de seu conhecimento. Crianças menores (seis anos) apresentaram significativa redução de comportamentos inadequados durante o uso do jogo e uma atenção sustentada relevante. As crianças do outro grupo (sete e oito anos) demonstraram maior adequação motora e estabilidade no uso do smartphone, o que pode sinalizar um aspecto importante na avaliação da evolução psicomotora.

8. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um jogo sério virtual, em realidade aumentada, que tem por objetivo ser uma ferramenta auxiliar no processo de aprendizagem dos conhecimentos iniciais da matemática.

Através da análise da usabilidade do jogo e da observação de utilização, foi possível verificar que a tecnologia de aprendizagem apresentada foi aceita e é um instrumento possível de ser utilizado com crianças com TEA. O jogo sério em realidade aumentada se mostrou interessante para as crianças que testaram o aplicativo, trazendo novas possibilidades de pesquisas na área.

Após essa verificação da aceitação do uso da tecnologia proposta, pode-se avançar para análises de verificação de aprendizagem. Além disso, estudo com mais crianças, com grupos heterogêneos, também se faz necessário em uma nova etapa da pesquisa para que a capacidade de ensino do jogo sério seja expandido para novos patamares de idade, aplicando assim matérias mais complexas, não se mantendo apenas na matemática básica.

Referências

- Antunes, C. (2014), Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências, Petrópolis: Editora Vozes, 20. ed.
- Azuma, R. A. (1997) “Survey of Augmented Reality”. In: Teleoperators and Virtual Environments, v. 6, n. 1, p. 355-385.
- Bernardini, S., Porayska-Pomsta, Kaška, Smith, Tim. (2014) “ECOS: Um jogo sério e inteligente para promover a comunicação social em crianças com autismo”, <https://www-sciencedirect.ez367.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii> .
- Boucinha, R. M., & Tarouco, L. M. R. (2013) “Avaliação de ambiente virtual de aprendizagem com o uso do sus-system usability scale”, In: RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação, 11(3).
- Brentani, H., Paula, CSD, Bordini, D., Rolim, D., Sato, F., Portolese, J. & McCracken, JT (2013) “Transtornos do espectro do autismo: uma visão geral sobre diagnóstico e tratamento”. In: Revista Brasileira de Psiquiatria, 35, S62-S72.
- Cunha, G.R., Bordini, D., Caetano, S.C. (2015), Autismo, Linguagem E Cognição, Jundiaí: Paco Editorial, 2015.
- Cybis, W. D. A. (2003), Engenharia de usabilidade: uma abordagem ergonômica, Florianópolis: Labiutil.
- Foreman, J. (2003) “Next Generation Educational Technology versus the Lecture”. In: EDUCAUSE Review. 38(4), 13-22. Disponível em: <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/erm0340.pdf>
- Fridenson-Hayo, S., Berggren, S., Lassalle, A., Tal, S., Pigat, D., Meir-Goren, N. & Golan, O. (2017) “Emotiplay’: a serious game for learning about emotions in children with autism: results of a cross-cultural evaluation”. In: European child & adolescent psychiatry, 26(8), 979-992.
- Gardner, H. (2016), Estructuras de la mente: la teoría de las inteligencias múltiples, Fondo de cultura económica.
- Gomes, A. L. L. V., Poulin. J. R., Figueiredo, R. V. (2010), A Educação especial na perspectiva da inclusão escolar: o atendimento educacional especializado para alunos com deficiência intelectual. Brasília: MEC/SEESP; Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- Huizinga, J. (1996), Homo Ludens – o jogo como elemento da cultura, São Paulo, 4.ed.
- Miranda, Maria João Pinto Luís et al. Jogo sério para reabilitação neurocognitiva: cidade Virtual. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.
- Nunes, L.R. De P. & Ferreira, J.R. (1994) “Deficiência Mental: O que as pesquisas brasileiras têm revelado”. In: ALENCAR, E.M.L.S (Org.) Tendências e Desafios da Educação Especial. Brasília: MEC/SEESP.

Paula Filho, W. P. (2001), Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

Pressman, R. S. (2002), Engenharia de software, Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 5.ed.

Rego, T. C. (2013), Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação, Editora Vozes Limitada.

Suler, J. (1999) “The Psychology of Avatars and Graphical Space in Multimedia Chat Communities”. In: M. Beiswenger (Ed.), Chat Communication (p. 305-344): Stuttgart.

Whyte, E. M., Smyth, J. M., & Scherf, K. S. (2015) “Designing serious game interventions for individuals with autism”. In: Journal of autism and developmental disorders, 45(12), 3820-3831.