

Atividade educacional utilizando Realidade Aumentada para o Ensino de Física no Ensino Superior

Educational activity using Augmented Reality for Teaching Physics in Higher Education

Fabrcio Herpich¹, Wilson Vanucci Costa Lima², Felipe Becker Nunes³, Cesar de Oliveira Lobo², Liane Margarida Rockenbach Tarouco¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

² Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

³ Antonio Meneghetti Faculdade, Restinga Sêca-RS, Brasil

fabricao_herpich@hotmail.com, wilsonvanuccicl@gmail.com, nunesfb@gmail.com, cesarolobo@gmail.com, liane@penta.ufrgs.br

Recibido: 17/08/2019 | **Corregido:** 30/01/2020 | **Aceptado:** 05/03/2020

Cita sugerida: F. Herpich, W. Vanucci Costa Lima, F. Becker Nunes, C. de Oliveira Lobo, L. M. Rockenbach Tarouco, "Atividade educacional utilizando Realidade Aumentada para o Ensino de Física no Ensino Superior," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 25, pp. 68-77, 2020. doi: 10.24215/18509959.25.e07

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumo

O uso de recursos de Realidade Aumentada em dispositivos móveis para a Educação tem sido explorado nos últimos anos de forma mais significativa. Desta forma, o objetivo deste artigo foi avaliar a qualidade de uma abordagem educacional neste contexto em termos de Usabilidade, Engajamento, Motivação e Aprendizagem. Um estudo voltado para o processo de ensino e aprendizagem de Física foi conduzido com 27 alunos de uma universidade federal, sendo aplicado o questionário MAREEA para avaliar a abordagem. Os resultados obtidos foram satisfatórios e instigadores, em que as quatro dimensões foram avaliadas positivamente, havendo também um importante feedback dos participantes para as melhorias nos recursos educacionais em realidade aumentada.

Palavras chave: Ensino-aprendizagem; Ensino de física; Aprendizagem móvel; Qualidade de software; Realidade aumentada; Simulação computacional; Multimídia.

Abstract

The use of Augmented Reality features in mobile devices for Education has been explored in recent years in a more meaningful way. In this way, the objective of this article was to evaluate the quality of an educational approach in this context in terms of Usability, Engagement, Motivation, and Learning. A study focused on the teaching and learning process of Physics was conducted with 27 students from a federal university, using the MAREEA questionnaire to evaluate the approach. The results were satisfactory and instigators, in which the four dimensions were evaluated positively, and there was also significant feedback from the participants for improvements in educational resources in augmented reality.

Keywords: Teaching-learning; Physics teaching; Mobile learning; Software quality; Augmented reality; Computational simulation; Multimedia.

1. Introdução

As disciplinas de Física muitas vezes são vistas pelos alunos como difíceis, abstratas e distante da sua realidade, porém, através de estratégias pedagógicas, é possível aproximar a realidade do aluno com as Ciências da Natureza dando sentido aos conteúdos estabelecidos nas instituições de ensino. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) permitem criar ambientes que ampliam tais perspectivas no processo de ensino e aprendizagem, ao usar TIC em sua prática pedagógica, o professor, tem em mãos uma alternativa que pode enriquecer suas aulas com utilização de vídeos, simuladores, aplicativos educacionais, entre outros [1].

Dentre as alternativas tecnológicas existentes neste contexto, é possível notar que a pesquisa em Realidade Aumentada na educação está evoluindo rapidamente [2]. Segundo Kirner e Siscoutto [3], a realidade aumentada enriquece o ambiente real com objetos virtuais em tempo real, por meio de dispositivo tecnológico. Nesse mesmo aspecto, Rosa [4] argumenta, em um contexto de Educação Matemática, que a realidade aumentada proporciona para os usuários uma experiência diferente em relação a uma tela de computador, na qual possui objeto virtuais fixos em um ambiente Cibernético, isto é, há interação diferente em relação à visualização, sensação e compreensão.

A tecnologia de realidade aumentada pode ser uma ferramenta motivacional para os alunos no âmbito escolar, além de permitir simular situações complexas, como a atividade educacional investigada no presente artigo: emissão de radiação atômica. Em relação a motivação do estudante, De Oliveira [5] discute a utilização dela como estratégia fundamental para a efetivação da aprendizagem de acadêmicos do Ensino Superior. O autor complementa que muitos docentes dessa modalidade acreditam que o ensino não se faz necessário desenvolver estratégias motivadoras, mas ao mesmo tempo, muitos autores defendem a necessidade de um olhar diferenciado nas Universidades em relação tal estratégia, como acontece na Educação Básica, pois, para a autora, é a motivação que determinar o grau de realização, persistência e efetivação do indivíduo.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo avaliar a qualidade da abordagem educacional em realidade aumentada para dispositivos móveis em termos de Usabilidade, Engajamento, Motivação e Aprendizagem através da condução de um estudo voltado para o processo de ensino e aprendizagem de Física.

2. Trabalhos Relacionados

Com o objetivo de fornecer ao leitor uma visão inicial sobre as iniciativas na área de pesquisa deste artigo, foram descritos alguns trabalhos realizados neste contexto.

A pesquisa construída por Chang e Hwang [6] tem um enfoque no ensino da sala de aula invertida, cujo objetivo

era o uso de aplicações de realidade aumentada para incrementar a interação entre estudantes e destes com os professores. Desta forma, os autores desenvolveram um guia para o desenvolvimento de atividades didáticas com realidade aumentada no contexto da sala de aula invertida, sendo realizado um experimento com 111 alunos do ensino fundamental na área de ciências naturais. Para a execução do experimento, os pesquisadores realizaram a divisão de dois grupos (experimento e controle), de forma a comparar os resultados obtidos e ver o impacto do uso desta abordagem na turma de experimento. Como resultados obtidos, foi possível coletar indícios que os alunos do grupo de experimento tiveram maiores benefícios na sua aprendizagem, assim como em sua motivação para aprender e trabalhar em grupo.

O trabalho de Ferreira e Zorzal [7] teve como objetivo desenvolver uma aplicação com enfoque no ensino do Sistema Solar, buscando aprimorar o nível de realismo e detalhe para os estudantes. A página Web foi desenvolvida utilizando a linguagem JavaScript e uma biblioteca voltada para o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada para Web. Nesta publicação não houve testes com usuários, mas a aplicação está disponível para ser utilizada de forma pública.

Reyes-Aviles e Aviles-Cruz [8] desenvolveram um aplicativo baseado em realidade aumentada para aprimorar o ensino da resistência de circuitos elétricos, com enfoque em cursos relacionados de graduação. São utilizados marcadores com circuitos previamente criados, em que os estudantes acessam os recursos de realidade aumentada ao apontar a câmera para este marcador, sendo disponibilizados os recursos de interação, como a modificação de parâmetros para gerar diferentes reações nos circuitos. Entretanto, os autores não realizaram testes de aprendizagem com usuários nesta pesquisa, sendo analisada a eficiência dos testes realizados no aplicativo, em que foi atingido um percentual de 98% de sucesso, além de um estudo de qualidade indicando que a eficiência foi satisfatória.

Dentre os trabalhos descritos, há diversas similaridades que podem ser identificadas com a pesquisa desenvolvida neste artigo, em que o uso de realidade aumentada e o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis são ocorrências similares, assim como o intuito de melhorar o ensino e aprendizagem em áreas relacionadas às ciências gerais. Com relação aos principais diferenciais desta pesquisa em relação às descritas anteriormente, foi possível identificar que somente uma destas realizou pesquisas com usuários, o que ocorreu neste trabalho também. Além disto, foi utilizado nesta pesquisa, um modelo específico de avaliação para abordagens educacionais com recursos de realidade aumentada em aplicativos para dispositivos móveis, buscando avaliar a usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa, sendo este o principal diferencial destacado.

3. Realidade Aumentada em Física

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite combinar informações reais com outras informações sintéticas ou virtuais [9] e surge como uma ferramenta promissora nas aplicações educacionais, uma vez que possibilita explorar os seus recursos virtuais para com um viés educacional, acrescentando a estas soluções a apresentação em escala de elementos virtuais tridimensionais, entre outras funcionalidades. Outra característica do recurso é sua utilização para experimentos virtuais, fazendo assim com que o aprendiz possa refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica [10].

O uso da Realidade Aumentada aplicada no âmbito educacional vem sendo alvo de pesquisas nos últimos anos. Diversos trabalhos estão sendo desenvolvidos e aplicados com o objetivo de implementar a Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física. Como exemplos, podem-se citar o trabalho Gonçalves, Oliveira e Vettori [11] que tinha como propósito compreender como os alunos avaliam a Realidade Aumentada para aprender Física, a partir do software Layar, através de experiência que alunos vivenciaram ao elaborarem, em grupos, ambientes de realidade aumentada relativos ao tema de Processos de Transferência de Energia Térmica; ainda, utilizando o mesmo software, Oliveira e Manzano [12] apresentam um material didático contendo elemento de realidade aumentada a nível de ensino médio, envolvendo problema de empuxo, problematizada com inspiração da cena do filme Titanic, para professores da educação básica, licenciandos em Física e alunos de pós-graduação.

De acordo com Fracchia, Armiño e Martins [9], a riqueza das informações disponibilizados através da realidade aumentada afeta a motivação da aprendizagem, dando a possibilidade de se integrar de forma transparente ao restante dos recursos de TIC geralmente usados em uma proposta educacional. Além disso, quando aplicada no desenvolvimento de livros e materiais didáticos, permite introduzir uma nova dimensão que enriquece os conteúdos com objetos de aprendizagem interativos, que também podem melhorar a compreensão dos conteúdos, promover um comportamento mais ativo do aluno, aumentar a motivação e enriquecer a experiência de aprendizagem no geral [9].

O empenho de diversos trabalhos para articular sequências didáticas, abordagens didáticas ou aulas de Física utilizando o recurso de Realidade Aumentada, de forma crítica em relação às concepções do processo de ensino e aprendizagem, se torna um indício do reconhecimento de um sujeito inserido em uma cultura digital, ou seja, que se comunica e interage com tecnologias de informação e comunicação contemporânea, portanto muitas vezes se faz necessário um estudo mais reflexivo de abordagens educacionais mediada por tecnologias digitais.

4. Procedimentos Metodológicos

Para alcançar o objetivo definido na seção introdutória, primeiramente foram organizados os procedimentos a serem executados para a realização desta pesquisa. Portanto, definiu-se o design desta pesquisa como sendo uma abordagem não-experimental, em que foi conduzida a intervenção com a tecnologia de realidade aumentada junto aos participantes e posteriormente realizada a sua avaliação.

4.1. Participantes

Os participantes desta pesquisa são 27 alunos da disciplina de Física para Ciências Rurais do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Foram realizados dois encontros de 2 horas-aula para contribuir no processo de ensino e aprendizagem sobre a emissão de espectro atômico através de uma atividade utilizando a simulação “Espectrometria de Gases”. O primeiro encontro tinha como objetivo explicar conceitos principais de radiação eletromagnética e familiarizar os participantes com o aplicativo de realidade aumentada através de uma apresentação da simulação “Motor de Combustão”. O segundo encontro foi aplicado a atividade de “Espectrometria de Gases”. O perfil demográfico destes participantes se constitui em 70% do gênero masculino (19 participantes) e 30% do gênero feminino (8 participantes), sendo que 64% declararam estar entre a faixa etária de 15 a 19 anos, 32% entre a faixa etária de 20 a 24 anos e 4% entre a faixa etária de 25 a 29 anos.

4.2. Recursos educacionais em realidade aumentada

A respeito do objeto de aprendizagem utilizado para alcançar o objetivo desta pesquisa, foi selecionado o aplicativo de realidade aumentada denominado avatar UFRGS (Figura 1). O aplicativo selecionado consiste em um módulo para dispositivos móveis do Projeto AVATAR (Ambiente Virtual de Aprendizagem e Trabalho Acadêmico Remoto) [13] que teve seu desenvolvimento financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Brasil.

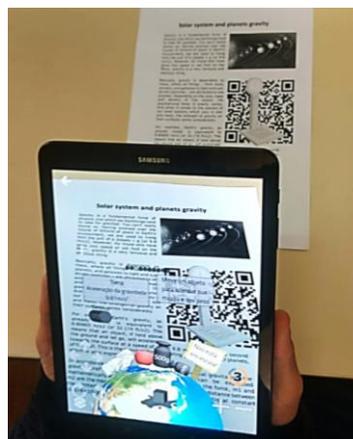


Figura 1. Aplicativo de Realidade Aumentada

O avatAR UFRGS disponibiliza mais de 50 simulações sobre tópicos relacionados a Ciências, com recursos educacionais para os diferentes níveis de conhecimentos, da educação básica ao ensino superior. O aplicativo oportuniza a interação ativa dos seus usuários com simulações em três níveis graduais de complexidade através de recursos multimídia (simulações tridimensionais, vídeos, imagens, áudios, entre outros), comprovadamente capazes de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em diferentes formas e contextos [14].

É importante destacar, conforme visto na Figura 1, que os recursos de realidade aumentada são acessados com o uso de QR Code, como um meio de facilitar o acesso direto a uma simulação específica sobre o conteúdo que o participante está interagindo naquele determinado momento. Desta forma, o propósito é centrar a atenção do participante no conteúdo teórico que está analisando e sua respectiva simulação para averiguar o seu funcionamento com a ajuda da realidade aumentada, evitando que ele precise acessar o aplicativo de forma geral e buscar em meio às mais de 50 simulações por algo deste gênero.

O aplicativo avatAR UFRGS consiste em uma tecnologia educacional que proporciona aos usuários o acesso a simulações educacionais desenvolvidas em RA, com o objetivo de implementar formas de oportunizar a aprendizagem de Ciências ao usuário, por meio de recursos que enfatizam a interação com materiais pedagógicos. Ao acessar o aplicativo, os usuários têm acesso a diversos recursos educacionais, em que podem visualizar fenômenos físicos micro e macroscópicos, por vezes invisíveis a sua percepção, e interagir com diversos recursos multimídia, e.g. imagens, vídeos, objetos 3D e simulações [14].

Para a abordagem educacional conduzida nesta pesquisa, foi selecionada a simulação “Espectrometria de Gases”, pois apresenta a emissão e absorção da radiação visível de átomos através da técnica de espectroscopia que é utilizada para análise de dados físico-químicos. O conhecimento da técnica é de suma importância para o profissional agrônomo que pretende obter informações das características Físicas, Químicas e Mineralógicas do solo.

4.3. Procedimentos e Avaliação

Para contribuir na aprendizagem de espectro atômico, foram realizados dois encontros de 2 horas-aula cada, sendo que no primeiro encontro foram abordados os principais conceitos, através de uma aula expositiva, das interações que devem ser consideradas as radiações eletromagnéticas como onda e como partícula, para explicar determinado fenômeno. Neste primeiro encontro os participantes foram orientados a instalarem o aplicativo de realidade aumentada e suas funcionalidades foram explicadas através da simulação “Motor de Combustão”; selecionou-se essa simulação para contextualizar conceitos abordados no último conteúdo estudado na turma, conforme relatado professor regente da disciplina.

No segundo encontro foi aplicada uma problematização acerca do tema de espectrometria e, a partir da discussão com os participantes, foi abordada a realidade aumentada para que os mesmos pudessem identificar as diferenças dos espectros de emissão e absorção através de questões norteadoras sobre as características de cada elemento expostas na simulação. No final deste encontro, cada participante recebeu um questionário para a avaliação da abordagem educacional envolvendo os recursos educacionais aumentados.

Para avaliar a qualidade da abordagem educacional envolvendo o uso de realidade aumentada, foi utilizado o modelo de avaliação MAREEA (Evaluation model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches) [15], [16]. O propósito foi avaliar a percepção dos participantes acerca da qualidade em termos de Usabilidade, Engajamento, Motivação e Aprendizagem, após a interação com os recursos educacionais aumentados.

Se torna importante destacar que o modelo utilizado para a avaliação do experimento abrange aspectos relacionados à experiência do usuário com o uso de Realidade Aumentada, tendo como foco o impacto desta experiência em sua aprendizagem ativa, motivação e engajamento. Adjunto a isto, também pode ser considerado que o modelo abrange a avaliação dos recursos de realidade aumentada utilizados pelos participantes no experimento por meio da dimensão de usabilidade. Desta forma, a discussão fica centrada em duas vertentes, na qual foca na avaliação da experiência com o uso da realidade aumentada e consequentemente de seus recursos que foram disponibilizadas no aplicativo avatAR UFRGS.

A partir dos dados coletados com as respostas dos participantes aos 37 itens do modelo de avaliação MAREEA, foram calculadas as estatísticas descritivas para embasar os resultados dessa pesquisa, as quais serão apresentados e discutidos na próxima seção, juntamente com os comentários acerca da abordagem educacional.

5. Discussão dos Resultados

Para a avaliação da experiência com o uso de uma abordagem educacional envolvendo recursos de realidade aumentada em Física, foi utilizado o modelo MAREEA [15], [16], o qual possibilitou mensurar a qualidade percebida pelos participantes para quatro fatores de qualidade envolvendo usabilidade, engajamento, motivação e também no âmbito da aprendizagem. De modo geral, observou-se que os participantes tiveram uma boa aceitação da abordagem e da experiência pela qual foram submetidos, dado que a média das respostas se mantiveram entre os intervalos de 3 a 5 na escala Likert, conceituados como “Imparcial”, “Concordo Parcialmente” e “Concordo Totalmente”, respectivamente (Figura 2).

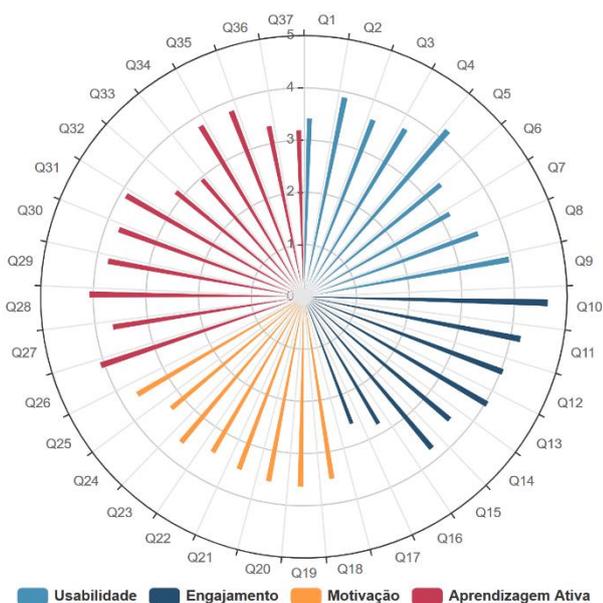


Figura 2. Resultados das dimensões avaliadas com o modelo MAREEA.

Pode-se notar que as dimensões relacionadas à motivação, engajamento e aprendizagem ativa estão centradas na experiência que o participante obteve nesta abordagem educacional com realidade aumentada. O fato de as avaliações estarem entre as notas 3 e 5 na escala Likert, permitem inferir que os participantes tiveram uma experiência positiva durante o experimento, com indícios de que pode ter havido uma aprendizagem ativa, estando relacionado ao seu nível de motivação e engajamento por ser submetido a uma experiência como esta, que foge dos moldes tradicionais aplicados em sala de aula, que usualmente está centrada na transmissão de conteúdos predominantemente teóricos. Adjunto a esta percepção inicial, está o fato que a usabilidade também foi avaliada de forma positiva, o que remete a uma válida análise sobre os recursos de realidade aumentada utilizados pelos participantes no aplicativo avatAR UFRGS.

Apesar destas observações iniciais, para uma discussão fundamentada nas percepções dos participantes sobre a experiência com o uso de realidade aumentada e dos recursos utilizados no aplicativo, também se analisou individualmente os 37 itens a respeito da abordagem educacional realizada (Figura 2), categorizados nas seguintes dimensões:

Usabilidade. Neste fator de qualidade, foram avaliadas as dimensões de Aprendizabilidade, Operabilidade, Acessibilidade e Prevenção de erros ao usuário (Tabela 1). A respeito da dimensão que avalia o grau de aprendizagem requisitada ao utilizar o aplicativo, 55,6% dos avaliadores expressaram suas percepções de modo favorável ao aplicativo, indicando que precisaram aprender poucas coisas antes de utilizar o aplicativo (Q1), assim como, 77,8% assinalaram que aprender a utilizar o aplicativo foi fácil (Q2). Algumas divergências verificadas na percepção dos avaliadores demonstram que os participantes precisaram adquirir algumas habilidades para usar o aplicativo, porém, este era um resultado esperado pelos autores, dado que todos os participantes indicaram

estarem tendo a primeira experiência com um aplicativo de realidade aumentada, mesmo assim foram positivos ao indicar que aprender a usá-lo foi fácil.

Tabela 1. Avaliação da Dimensão de Usabilidade

Questões	DT	D	N	C	CT
Q1. Eu precisei aprender pouca coisa antes de usar este aplicativo de realidade aumentada.	0,0	14,8	29,6	55,6	0,0
Q2. Aprender a usar este aplicativo de realidade aumentada foi fácil.	0,0	3,7	18,5	63,0	14,8
Q3. Este aplicativo de realidade aumentada é fácil de usar.	3,7	7,4	22,2	55,6	11,1
Q4. A forma de usar este aplicativo de realidade aumentada é fácil de entender.	0,0	14,8	3,7	74,1	7,4
Q5. O design (cor, estilo de fonte e tamanho) usado neste aplicativo de realidade aumentada é claro e legível.	0,0	0,0	11,1	59,3	29,6
Q6. Este aplicativo de realidade aumentada torna difícil que eu cometa erros.	0,0	11,1	40,7	48,1	0,0
Q7. Em caso de erro no aplicativo, eu consigo me recuperar rápido dele.	0,0	14,8	51,9	33,3	0,0

Legenda: Porcentagens para DT (Discordo Totalmente), D (Discordo), N (Neutro), C (Concordo), CT (Concordo Totalmente).

Acerca da dimensão de operabilidade, 66,7% dos avaliadores foram favoráveis sobre a facilidade em utilizar o aplicativo (Q3) e 81,5% mostraram-se positivos indicando que a maneira de utilizá-lo foi fácil de entender (Q4). Também foi constatado que mais de 85% dos avaliadores acreditaram que o design do aplicativo estava claro e legível (Q5), indicando que o aplicativo fez uso de textos legíveis, fontes e cores compreensíveis e coerentes. Entretanto, foram constatadas divergências nas avaliações da dimensão referente à capacidade do aplicativo em prevenir erros do usuário, sendo que 48,1% dos avaliadores foram positivos afirmando que o aplicativo torna difícil que o usuário cometa erros e 11,1% dos avaliadores se apresentaram de modo contrário (Q6). Porém, a concordância dos avaliadores diminuiu para 33,3% quando questionados se em caso de erro no aplicativo, conseguiram se recuperar rapidamente dele (Q7), além das avaliações contrárias aumentarem para 14,8%, sendo também observada alta neutralidade dos avaliadores, perfazendo 51,9% das percepções.

Com relação à Usabilidade, foi possível inferir que os participantes, em sua maioria, consideraram o aplicativo de fácil manuseio, com baixa curva de aprendizagem e um design adequado. Para uma primeira experiência dos usuários com este aplicativo, os resultados neste âmbito podem ser considerados positivos e satisfatórios.

Engajamento. Para avaliar o fator de qualidade de engajamento, foram consideradas as dimensões de Estética, Aceitabilidade, Envolvimento e Novidade (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação da Dimensão de Engajamento

Questões	DT	D	N	C	CT
Q8. A interface deste aplicativo de realidade aumentada é atraente.	0,0	14,8	29,6	44,4	11,1
Q9. Eu gosto da informação gráfica apresentada neste aplicativo de realidade aumentada.	0,0	7,4	11,1	59,3	22,2
Q10. O conteúdo educacional deste aplicativo de realidade aumentada vale a pena.	0,0	0,0	3,7	29,6	66,7
Q11. Minha experiência com este aplicativo de realidade aumentada foi gratificante.	0,0	0,0	7,4	66,7	25,9
Q12. Eu me senti envolvido nas tarefas deste aplicativo de realidade aumentada.	0,0	3,7	14,8	55,6	25,9
Q13. A experiência de aprendizagem com este aplicativo de realidade aumentada foi divertida.	0,0	3,7	14,8	55,6	25,9
Q14. O conteúdo educacional deste aplicativo de realidade aumentada despertou minha curiosidade.	3,7	14,8	14,8	48,1	18,5
Q15. Eu me interessei por este aplicativo de realidade aumentada.	0,0	3,7	18,5	74,1	3,7

Na dimensão que avaliou a percepção dos participantes quanto a estética do aplicativo de realidade aumentada, a opinião dos participantes evidenciou uma predominante concordância, 55,5% dos avaliadores assinalaram que a interface do aplicativo era atraente (Q8) e mais de 80% afirmaram gostar da informação gráfica apresentada pelo aplicativo de realidade aumentada (Q9). Acerca da dimensão de aceitabilidade, mais de 95% dos avaliadores afirmaram que o conteúdo educacional é útil (Q10) e 92,6% indicaram que a experiência com o aplicativo foi gratificante (Q11). Em relação a dimensão de

envolvimento, 81,5% dos avaliadores afirmaram que sentiram-se envolvidos com as tarefas realizadas no aplicativo (Q12) e também indicaram que a experiência de aprendizagem com o aplicativo foi divertida (Q13). Em se tratando da dimensão de avaliação da novidade apresentada no aplicativo, 66,6% dos participantes concordaram que os conteúdos educacionais despertaram a sua atenção (Q14) e 77,8% indicaram que se interessaram pelo aplicativo de realidade aumentada (Q15).

O resultado evidenciado sobre o fator de qualidade envolvendo o engajamento, foi possível verificar que os aspectos visuais do aplicativo foram de aprovados de forma geral pelos participantes, tanto no aspecto das simulações de Física, quanto das informações fornecidas pelo aplicativo. Um ponto importante a destacar foi que os usuários aceitaram o uso do aplicativo, considerando ele engajador, divertido de utilizar e com conteúdos importantes para o aprendizado.

Motivação. Em relação ao fator de qualidade referente à motivação, foram avaliadas as dimensões de Atenção focada, Relevância, Confiança e Satisfação (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação da Dimensão de Motivação

Questões	DT	D	N	C	CT
Q16. Eu estava tão envolvido na tarefa com este aplicativo de realidade aumentada que perdi a noção do tempo.	3,7	29,6	55,6	3,7	7,4
Q17. Eu ignorei as coisas ao meu redor quando eu estava usando este aplicativo de realidade aumentada.	3,7	55,6	18,5	22,2	0,0
Q18. A forma como a informação é organizada neste aplicativo de realidade aumentada ajudou a manter a minha atenção.	0,0	7,4	33,3	59,3	0,0
Q19. Está claro para mim como o conteúdo educacional deste aplicativo de realidade aumentada está relacionado às coisas que conheço.	0,0	7,4	22,2	70,4	0,0
Q20. Completar com sucesso as atividades com este aplicativo de realidade aumentada foi importante para mim.	3,7	0,0	29,6	66,7	0,0
Q21. Estou confiante de que aprendi o que deveria depois de usar este aplicativo de realidade aumentada.	3,7	11,1	29,6	40,7	14,8
Q22. Estou confiante de que entendi o conteúdo educacional mais complexo usando este aplicativo de realidade aumentada.	0,0	22,2	25,9	37,0	14,8

Q23. Completar as atividades neste aplicativo de realidade aumentada gerou um sentimento satisfatório de realização.	0,0	3,7	40,7	44,4	11,1
Q24. Gostei tanto do conteúdo educacional deste aplicativo de realidade aumentada que gostaria de saber mais sobre esse assunto.	7,4	7,4	37,0	44,4	3,7
Q25. Eu realmente gostei de estudar com este aplicativo de realidade aumentada.	3,7	7,4	22,2	51,9	14,8

A respeito da dimensão que avaliou a percepção dos participantes quanto à atenção focada durante o uso do aplicativo, foi possível verificar a não concordância em suas opiniões, pois mais de 29,6% dos avaliadores discordaram de que o aplicativo envolve seus usuários a ponto de perderem a noção do tempo (Q16), assim como mais de 55,6% indicaram que o aplicativo não atraiu a ponto de permitir ignorar as coisas no entorno dos usuários (Q17). Entretanto, foi observado uma breve melhora nos resultados, dado que mais de 59,3% dos avaliadores afirmaram que a forma como as informações estavam organizadas no aplicativo ajudaram a manter a sua atenção no aplicativo (Q18). Outro resultado positivo foi observado quando questionados sobre a relevância do conteúdo educacional, os resultados demonstraram que 70,4% dos participantes concordaram que estava claro que o conteúdo educacional do aplicativo tinha relação com às coisas que conheciam (Q19) e 66,7% indicaram que completar com sucesso as atividades propostas com o aplicativo era importante (Q20).

Em se tratando da dimensão de confiança, mais de 55,5% indicou estar confiante de que aprendeu o que deveria após utilizar o aplicativo (Q21), porém, somente 51% estava confiante de que havia entendido o conteúdo educacional mais complexo e 22,2% não estava confiante (Q22), resultado que indica que em alguns casos, as simulações não contribuíram para o processo de ensino e aprendizagem a ponto de facilitar o entendimento dos conteúdos mais complexos. A respeito da dimensão de satisfação, mais da metade dos participantes indicou que completar as atividades com o aplicativo gerou um sentimento satisfatório de realização (Q23), porém, observou-se que apenas 48,1% gostaram do conteúdo educacional a ponto de querer saber mais sobre o assunto (Q24). Entretanto, de modo geral foi possível observar que 66,7% realmente gostaram de estudar com o aplicativo de realidade aumentada (Q25), aspecto que confirmar a capacidade do aplicativo em atender aos anseios dos usuários, sendo preciso apenas buscar formas de motivá-los a querer saber mais sobre o conteúdo educacional.

No âmbito da Motivação, foi possível perceber que o aplicativo tem informações e simulações que mantém a atenção do usuário de maneira parcial, com conteúdos educacionais relevantes e que passam confiança para os

usuários realizarem os experimentos em nível básico. Se torna importante ressaltar que para conteúdos mais complexos, os usuários sentem maior insegurança para realizar as atividades, mas que gostaram dos conteúdos apresentados e resultam em deixá-los motivados a buscar novos conhecimentos.

Aprendizagem. O fator de qualidade que avaliou a aprendizagem, englobou as dimensões de Efetividade, Desafio, Feedback, Segurança e Complexidade (Tabela 4).

Tabela 4. Avaliação da Dimensão de Aprendizagem

Questões	DT	D	N	C	CT
Q26. Este aplicativo de realidade aumentada me permitiu compreender melhor o conteúdo educacional.	0,0	3,7	7,4	66,7	22,2
Q27. Eu poderei aplicar o que aprendi com este aplicativo de realidade aumentada em outras atividades.	0,0	11,1	22,2	55,6	11,1
Q28. As simulações deste aplicativo de realidade aumentada são úteis para o meu aprendizado.	0,0	0,0	14,8	63,0	22,2
Q29. Este aplicativo de realidade aumentada me desafiou a aprender coisas novas.	0,0	3,7	22,2	66,7	7,4
Q30. Neste aplicativo de realidade aumentada, escolho tarefas que posso aprender.	3,7	3,7	18,5	63,0	11,1
Q31. Este aplicativo de realidade aumentada forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback visual.	0,0	3,7	22,2	55,6	18,5
Q32. Este aplicativo de realidade aumentada forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback de áudio.	0,0	14,8	59,3	22,2	3,7
Q33. Este aplicativo de realidade aumentada me permite interagir com simulações que dificilmente realizaria no mundo real.	0,0	33,3	40,7	22,2	3,7
Q34. As simulações neste aplicativo de realidade aumentada foram apropriadas para uma experiência de aprendizado.	0,0	0,0	18,5	63,0	18,5
Q35. As simulações neste aplicativo de realidade aumentada são úteis para praticar os casos da vida real antes de realizá-las no laboratório real.	0,0	3,7	40,7	25,9	29,6
Q36. Este aplicativo de realidade aumentada retratou problemas do	3,7	18,5	29,6	37,0	11,1

mundo real por meio de simulações.					
Q37. Eu gosto de usar este aplicativo de realidade aumentada no meu treinamento prático.	3,7	11,1	51,9	29,6	3,7

No que diz respeito à dimensão que avaliou a efetividade do aplicativo, mais de 80,0% dos participantes consideraram que a utilização o aplicativo permitiu compreender melhor o conteúdo educacional (Q26) e 66,7% dos avaliadores indicaram que o conhecimento adquirido poderá ser aplicado em outras atividades (Q27), assim como, mais de 85,0% entenderam que as simulações do aplicativo foram úteis para o aprendizado (Q28). Em se tratando do desafio proporcionado pelo aplicativo, 74,1% informaram que as atividades envolvendo o aplicativo desafiaram a aprender coisas novas (Q29) e 64,1% dos avaliadores assinalaram que escolheram tarefas que proporcionam aprendizado (Q30). Em se tratando do feedback proporcionado no aplicativo, 74,1% indicaram que o aplicativo forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback visual (Q31). Entretanto, apenas 25,9% continuaram favoráveis sobre os recursos de feedback do aplicativo quando questionados sobre o feedback de áudio (Q32), resultado que pode ter ocorrido em virtude dos usuários não terem interagido com essas opções, esta hipótese pode ser confirmada através do número de usuários que mantiveram-se neutros, perfazendo ao todo 59,3%, assim como o baixo número de usuários que discordou deste recurso, apenas 14,8%.

No quesito Aprendizagem, os participantes destacaram que o aplicativo pode ser considerado como um complemento para o aprendizado do conteúdo proposto, sendo desafiador e proporcionando a busca de novos conhecimentos. Também foi considerado que as simulações permitem uma experiência de aprendizagem diferenciada, com o uso de recursos multimídia alternativos.

Acerca da segurança oferecida pelo aplicativo para os usuários realizarem suas experiências, foi possível observar algumas divergências entre os avaliadores, dado que apenas 25,9% indicaram que o aplicativo permite fazer interações com simulações que dificilmente realizaram no mundo real (Q33), porém, 33,3% foram contrários a essa avaliação e 40,7% foram neutros. Por outro lado, 81,5% dos avaliadores mostraram-se favoráveis as simulações existentes no aplicativo e a sua capacidade para uma experiência de aprendizagem (Q34) e 55,5% assinalaram positivamente de que as simulações do aplicativo são úteis para praticar os casos da vida real antes de realizá-los no laboratório real (Q35). Os resultados evidenciados sobre a dimensão de segurança podem ser encarados de uma maneira positiva, pois demonstram que os avaliadores acreditam que as simulações sejam apropriadas para a prática de casos da vida real e o aprendizado, assim como, as simulações também poderiam ser realizadas no mundo real, fato que

pode ser uma evidência de parte dos usuários conseguiu aprender o que seria preciso para executá-las fora do aplicativo, demonstrando que o aplicativo não só contribui para a aprendizagem da teoria como também em aspectos práticos.

Em relação a dimensão de complexidade, que avalia a capacidade do aplicativo em incorporar práticas para resolução de problemas aos seus usuários, foi possível observar baixa concordância dos avaliadores sobre o aplicativo. Dado que apenas 48,1% foram favoráveis sobre a capacidade do aplicativo em retratar problemas do mundo real por meio de simulações (Q36), havendo 22,2% de percepções contrárias. A opinião contrária diminuiu para 14,8% quando os avaliadores foram questionados se gostaram de utilizar o aplicativo em seu treinamento prático (Q37), porém as opiniões favoráveis também diminuíram, perfazendo 33,3% usuários favoráveis, sendo que a única porcentagem a aumentar significativamente foi a dos avaliadores neutros, ao todo 51,9%. Acerca deste resultado da dimensão de complexidade, a interpretação dos autores consiste no fato de que os participantes não tiveram seus conhecimentos práticos e de resolução de problemas avaliados durante esta abordagem educacional, a ponto de evidenciar se houveram melhorias em suas performances em resolução de problemas. Entretanto, cabe ressaltar que através das percepções dos avaliadores, foi possível constatar um entendimento geral de que ao utilizar o aplicativo e suas simulações em realidade aumentada pode-se haver um ganho de aprendizagem.

Por fim, após responderem ao modelo MAREEA em suas quatro dimensões de avaliação da qualidade da abordagem educacional com recursos de realidade aumentada em dispositivos móveis, os participantes também foram convidados a responderem a uma questão aberta sobre os aspectos positivos do aplicativo educacional, atividades e funcionalidades que poderiam ser reformuladas e eventuais dificuldades relacionadas ao aplicativo e ao seu manuseio no dispositivo móvel. Com base nas respostas apresentadas, foi possível construir uma nuvem de palavras (Figura 3).



Figura 3. Nuvem de palavras sobre a abordagem educacional com realidade aumentada

A partir da análise da nuvem de palavras, foi possível observar a percepção dos participantes, no âmbito geral, acerca da abordagem educacional conduzida com o aplicativo de realidade aumentada em dispositivos móveis. Os comentários concentraram-se, em sua maioria, em referências positivas a respeito dos recursos educacionais

possibilitados através da realidade aumentada e disponíveis para a interação dos participantes, sendo possível destacar algumas palavras em destaque, devido a sua alta concentração nas respostas dos usuários: compreensão, interessante, melhorar/melhor, fácil/facilidade, didática, gostei e apresenta, entre outras palavras referentes aos recursos educacionais em específico.

Conclusões

O uso de Realidade Aumentada em dispositivos móveis tem aumentado nos últimos anos no contexto educacional, em que pesquisadores têm explorado as potencialidades do uso destes recursos no ensino/aprendizagem. A área de Física é um campo de pesquisa instigador, em que se torna possível criar simulações de nível macro e micro, que em muitos casos, não possíveis de retratar no mundo real.

Com base neste contexto, este artigo apresentou um experimento com participantes de uma instituição federal sobre o uso de um aplicativo de realidade aumentada em dispositivos móveis para o ensino de Física, averiguando por meio da aplicação de um questionário pós experimento, os impactos nas dimensões de Usabilidade, Engajamento, Motivação e Aprendizagem. Os resultados obtidos foram instigadores, em que os usuários de forma predominante responderam positivamente aos quesitos das quatro dimensões, sendo visto em vias gerais que o aplicativo pode motivar o aprendizado dos estudantes, com enfoque na qualidade dos conteúdos educacionais, visualização e interação com as simulações e havendo uma adequada usabilidade.

Adjunto a isto, importantes considerações de melhorias foram apontadas pelos estudantes, como os recursos auxiliares em simulações consideradas mais complexas, assim como a qualidade dos recursos visuais. Como trabalhos futuros, há a previsão da extensão do experimento em demais turmas e contextos educacionais, além das melhorias identificadas neste estudo para o aplicativo.

Agradecimentos

Esta pesquisa é apoiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), entidades do governo brasileiro voltadas para o desenvolvimento científico.

Referências

[1] R. O. Abreu, and P. H. Souza, “Aplicação de uma sequência didática elaborada com base na tecnologia de realidade aumentada”, in *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Brasil, 2016, pp. 520-529.

[2] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, and K. Kinshuk, “Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training,” *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 35, no. 3, pp. 102-117, 2019.

[3] C. Kirner, R. Siscoutto, Eds. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Brasil, 2007, 21 p.

[4] M. Rosa, “Insubordinação criativa e a cyberformação com professores de matemática: desvelando experiências estéticas por meio de tecnologias de realidade aumentada,” *Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)*, vol. 8, no. 4, pp. 157-173, 2017.

[5] Ê. De Oliveira, “Motivação no Ensino Superior: Estratégias e Desafios,” *Revista Contexto & Educação*, vol. 32, no. 101, pp. 212-232, 2017.

[6] S. Chang, and G. Hwang, “Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students’ scientific project performance and perceptions,” *Computers & Education*, vol. 125, pp. 226-239, 2018.

[7] P. H. Da. S. Ferreira, and E. R. Zorzal, “Aplicação de Realidade Aumentada para Apoiar o Ensino do Sistema Solar”, in *XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Brasil, 2018, pp. 1784-1787.

[8] F. Reyes-Aviles, and C. Aviles-Cruz, “Handheld augmented reality system for resistive electric circuits understanding for undergraduate students,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 26, no. 3, pp. 602-616, 2018.

[9] C. Fracchia, A. A. De. Armíño, and A. Martins, “Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales,” *Revista Iberoamericana De Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología*, no. 16, pp. 7-15, 2015.

[10] E. D. Prezotto, T. L. Da. Silva, and R. Vanzin, “Realidade aumentada aplicada à educação”, in *Encontro Anual de Tecnologia da Informação (EATI)*, Brasil, vol. 3, no. 1, 2013, pp. 322-326.

[11] R. L. Gonçalves, L. D. Oliveira, and M. Vettori, “Avaliação do desenvolvimento de ambiente de Realidade Aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física”, in *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Em Ciências*, Brasil, 2017, pp. 1-7.

[12] L. D. Oliveira, and R. C. Manzano, “Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR,” *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)*, vol. 14, no. 1, pp. 1-10, 2016.

[13] F. Herpich, “avatAR UFRGS - Manual do Aplicativo de Realidade Aumentada do Projeto AVATAR”, Mendeley Data, v3, 2019, <http://dx.doi.org/10.17632/w92tdmccvs.3>.

[14] F. Herpich, and L. M. R. Tarouco, “Análise das experiências educacionais dos estudantes com simulações

em realidade aumentada móvel para o desenvolvimento do conhecimento em Física”, in *VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE)*, Brasil, 2019, pp. 778–787.

[15] F. Herpich, F. B. Nunes, G. Petri, P. C. Nicolete, and L. M. R. Tarouco, “Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel,” *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)*, vol. 17, no. 1, pp. 1-10, 2019.

[16] F. Herpich, F. B. Nunes, G. Petri, P. Nicolete, and L. M. R. Tarouco, “MAREEA - Evaluation Model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches”, in *Mendeley Data*, v3, 2019 <http://dx.doi.org/10.17632/CSB6DBSSDP.3>.

Información de Contacto de los Autores:

Fabício Herpich

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Rio Grande do Sul
Brasil
fabricao_herpich@hotmail.com

Wilson Vanucci Costa Lima

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
Brasil
wilsonvanuccicl@gmail.com

Felipe Becker Nunes

Antonio Meneghetti Faculdade
Santa Maria, Rio Grande do Sul
Brasil
nunesfb@gmail.com

Cesar de Oliveira Lobo

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
Brasil
cesarolobo@gmail.com

Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Rio Grande do Sul
Brasil
liane@penta.ufrgs.br

Fabício Herpich

Doutorado em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS/Brasil),
Mestrado em Ciência da Computação (PPGI/UFSM/Brasil).

Wilson Vanucci Costa Lima

Aluno de Mestrado no Pós-Graduação em Educação Matemática
e Ensino de Física (UFSM/Brasil).

Felipe Becker Nunes

Doutorado em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS/Brasil),
Mestrado em Ciência da Computação (PPGI/UFSM/Brasil).

Cesar de Oliveira Lobo

Doutorado em Física (UFSM/Brasil),
Mestrado em Física (UFMG/Brasil).

Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Doutorado em Engenharia Elétrica (USP/Brasil),
Mestrado em Computação (UFRGS/Brasil).