

Realidade virtual no ensino da graduação em odontologia: uma revisão integrativa

Erik Vinícius Martins Jácome¹

 0000-0003-0283-0553

Camila Fernandes Maia de Carvalho¹

 0000-0002-4758-5785

Érica Galdino Félix¹

 0000-0002-9944-7798

Mariana Silva de Bessa¹

 0000-0003-3602-6504

Caio Augusto Martins Aires²

 0000-0001-6577-374X

Ana Clara Soares Paiva Torres¹

 0000-0002-7525-3171

Ellany Gurgel Cosme do Nascimento¹

 0000-0003-4014-6242

Thales Allyrio A. de Medeiros Fernandes¹

 0000-0003-4559-8918

¹Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

²Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

Correspondência:

Erik Vinícius Martins Jácome

E-mail: dentistajacome@gmail.com

Recebido: 20 ago 2022

Aprovado: 12 jun 2023

Última revisão: 28 out 2023

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en>



Resumo O objetivo deste estudo foi investigar, por meio de uma revisão de literatura, a utilização da realidade virtual no processo de ensino-aprendizagem da graduação em Odontologia. Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, com buscas de alta sensibilidade, realizado nas bases de dados Medline (PubMed), EMBASE (Elsevier), Cochrane Library e Biblioteca Virtual em Saúde, utilizando-se descritores relacionados à realidade virtual, ensino na Odontologia e educação, com termos correlatos recuperados no MeSH, DeCS e Emtree. A busca foi realizada em maio de 2022 por ensaios clínicos nas línguas portuguesa, inglesa ou espanhola. Após avaliação por meio dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, 14 ensaios clínicos, publicados entre os anos de 2004 e 2021 em língua inglesa, foram incluídos. As finalidades mais testadas das tecnologias de realidade virtual foram para preparos cavitários para remoção de cárie (n=7) e no ensino teórico (n=2). Quanto aos instrumentos de avaliação dos participantes, a avaliação prática de destreza manual foi a mais usada (n=9). As limitações mais recorrentes (n=6) foram deficiências na avaliação ou nos métodos avaliativos dos estudos. Assim, conclui-se que a utilização da realidade virtual na área da Odontologia apresenta o potencial de aprimorar habilidades técnicas e complementar o ensino de assuntos teóricos de disciplinas da graduação. Considerando esse potencial, sugere-se que mais estudos sejam realizados para uma melhor eficácia e aplicabilidade da realidade virtual na graduação.

Descritores: Realidade Virtual. Educação em Odontologia. Tecnologia Educacional.

Realidad virtual en la enseñanza de pregrado en odontología: una revisión integradora

Resumen El objetivo de este estudio fue investigar, a través de una revisión de la literatura, el uso de la realidad virtual en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Odontología. Se trata de un estudio de revisión integradora de la literatura, con búsquedas de alta sensibilidad, realizado en las bases de datos Medline (PubMed), EMBASE (Elsevier), Biblioteca Cochrane y Biblioteca Virtual en Salud, utilizando descriptores relacionados con la realidad virtual, la enseñanza en Odontología y la educación, con temas relacionados. términos recuperados de MeSH, DeCS y Emtree. La búsqueda se realizó en mayo de 2022 de ensayos clínicos en portugués, inglés o español. Tras la evaluación mediante los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se incluyeron 14 ensayos clínicos, publicados entre 2004 y 2021 en inglés. Los usos más probados de las tecnologías de realidad virtual fueron la preparación de cavidades para la eliminación de caries (n=7) y la enseñanza teórica (n=2). En cuanto a los instrumentos de evaluación de los participantes, la evaluación práctica de la destreza manual fue la más utilizada (n=9). Las limitaciones más recurrentes (n=6) fueron deficiencias en la evaluación o métodos de evaluación de los estudios. Así, se concluye que el uso de la realidad virtual en el área de Odontología tiene el potencial de mejorar las habilidades técnicas y complementar la enseñanza de materias teóricas en los cursos de pregrado. Considerando este potencial, se sugiere realizar más estudios para mejorar la efectividad y aplicabilidad de la realidad virtual en los estudios de pregrado.

Descriptor: Realidad Virtual. Educación en Odontología. Tecnología Educacional.

Descriptor: Realidad Virtual. Educación en Odontología. Tecnología Educacional.

Virtual reality in the teaching of undergraduates in Dentistry: an integrative review

Abstract The objective of this study was to investigate, through a literature review,

the use of virtual reality in the teaching-learning process of undergraduate Dentistry. This is an integrative literature review study, with high sensitivity searches, carried out in the Medline (PubMed), EMBASE (Elsevier), Cochrane Library and Virtual Health Library databases, using descriptors related to virtual reality, teaching in Dentistry and education, with related terms retrieved from MeSH, DeCS and Emtree. The search was carried out in May 2022 for clinical trials in Portuguese, English or Spanish. After evaluation using the established inclusion and exclusion criteria, 14 clinical trials, published between 2004 and 2021 in English, were included. The most tested purposes of virtual reality technologies were for cavity preparations for caries removal (n=7) and in theoretical teaching (n=2). Regarding participant assessment instruments, the practical assessment of manual dexterity was the most used (n=9). The most recurrent limitations (n=6) were deficiencies in the evaluation or evaluation methods of the studies. Thus, it is concluded that the use of virtual reality in the area of Dentistry has the potential to improve technical skills and complement the teaching of theoretical subjects in undergraduate courses. Considering this potential, it is suggested that more studies be carried out to improve the effectiveness and applicability of virtual reality in undergraduate studies.

Descriptors: Virtual Reality, Education, Dental, Education Technology.

INTRODUÇÃO

A formação de profissionais de saúde vem sendo discutida ao longo dos anos pelo formato educacional baseado em metodologias tradicionais, que fragmentam o processo de ensino-aprendizagem. A procura pela eficiência técnica e pelo conhecimento específico colaboraram para a solidificação dessa educação "bancária", em que o professor se assume na postura de "transmissor do conhecimento" e o aluno na condição de agente passivo, receptor desse saber^{1,2}.

Muitas fragilidades estão associadas a esse modelo educacional, no qual, geralmente, o discente possui pouca interação e motivação em sala de aula pelo conteúdo ministrado. Quando o discente exerce um papel apenas de ouvinte no ambiente escolar ele fica sujeito ao baixo rendimento na fixação dos conhecimentos, pois essa condição de ouvinte favorece à passividade e muitas vezes o esquecimento dos assuntos ministrados, o que dificulta a aprendizagem. Além disso, predomina a distância entre teoria e prática, falta de problematização e de proximidade com a realidade social³.

Atrelado a isso, sabe-se que ainda existe, por parte de algumas instituições e docentes, uma dificuldade em aceitar mudanças no processo de ensino-aprendizagem. No entanto, com a chegada da pandemia da COVID-19, os métodos de ensino-aprendizagem tiveram que sofrer adaptações. Os professores, mesmo os que não utilizavam, tiveram que adotar a tecnologia como recurso para manter o currículo e as aulas em andamento. Nessa perspectiva, algo que vem ganhando destaque no ensino é a realidade virtual, considerada uma das tecnologias mais inovadoras deste século nessa área, permitindo associar a teoria com a prática, oferecendo experiências de aprendizado imersivas e mais reais^{4,5}.

A realidade virtual permite criar um ambiente virtual e quando aplicada na área da saúde, por exemplo, pode-se avaliar as mais variadas formas anatômicas, assim como treinar a precisão de um procedimento cirúrgico e as diversas formas de diagnósticos no corpo humano⁶. Quando se diz respeito ao treinamento dos profissionais de saúde, a realidade virtual permite que os alunos simulem as práticas de procedimentos mais realistas e sem riscos, assim como a certificação de aprendizagem e competências para técnicas específicas⁷. Na Odontologia, a incorporação de tecnologias na educação permitiu a implementação de métodos de ensino inovadores no processo de ensino-aprendizagem, diferindo do ensino tradicional, que não utiliza tecnologias no processo educacional dos alunos^{8,9}.

Diante disso, observadas as limitações do modelo tradicional de ensino, bem como as vantagens e benefícios da utilização da realidade virtual no processo formativo de estudantes de graduação, este estudo tem por objetivo investigar, por meio de uma revisão de literatura, a utilização da realidade virtual no processo de ensino-aprendizagem da graduação em Odontologia.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, com busca de alta sensibilidade, seguindo a pergunta científica norteadora: "Como a realidade virtual está sendo utilizada no processo de ensino-aprendizagem da graduação em Odontologia?". A busca foi realizada em maio de 2022, nas bases de dados: Medline (PubMed), EMBASE (Elsevier), Cochrane Library e Biblioteca Virtual em Saúde.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram: artigos científicos do tipo ensaio clínico que apresentem dados primários escritos nas línguas portuguesa, inglesa ou espanhola; e estudos realizados com alunos de graduação em Odontologia, nos quais a realidade virtual esteja sendo inserida no âmbito da aprendizagem. Já os critérios de exclusão foram: estudos que descrevessem apenas dados metodológicos e/ou resultados incompletos ou não condizentes com os critérios de inclusão desta revisão; e estudos de validação de algum dispositivo ou software de realidade virtual sem avaliação em fins educacionais.

A pesquisa nas bases de dados utilizou os descritores principais extraídos do MeSH e Emtree: "Virtual Reality", "Virtual Reality Exposure Therapy", "Virtual Reality System", "Augmented Reality", "Dentistry", "School Dentistry", "Schools, Dental", "Health Education, Dental", "Dental Education", "Education, Dental, Graduate", "Teaching", "Education", "Health Education", "Education, Professional", "Education, Graduate" e "Graduate Education"; com suas respectivas versões em português (DeCS) e sinônimos sugeridos pelos vocabulários controlados citados relacionados a temática desta revisão. Foi utilizado o operador booleano OR para combinar os descritores principais com os seus respectivos sinônimos, e o operador booleano AND para unir cada combinação de descritores. Para cada base de dados foi realizada uma busca.

Não foram utilizados critérios de restrições nas bases de dados, bem como nenhum tipo de filtro de pesquisa, considerando-se que a seleção dessas ferramentas reduziria substancialmente a quantidade de artigos indexados. Nas bases Medline e EMBASE utilizou-se estratégia de recrutamento de ensaios clínicos, baseada no estudo de Robinson e Dickersin (2002)¹⁰.

Inicialmente, realizou-se a remoção de duplicatas, e avaliação de títulos e temáticas. A partir disso, foi feita a leitura dos resumos e textos completos, e quando não compatíveis com os critérios de inclusão e/ou exclusão os artigos foram eliminados. Por fim, foram incluídos os estudos elegíveis pela leitura detalhada do manuscrito e aproximação com a questão norteadora deste estudo.

Posteriormente à seleção dos artigos, foi feito um resumo organizado de seus conteúdos. O processo de extração de dados dos artigos, que passaram por triagem, realizou-se de maneira independente por três avaliadores e foi guiado por uma ficha de análise padrão, elaborada em caráter prévio e empregada na avaliação dos estudos recrutados em todas as estratégias de busca supracitadas. Havendo discordâncias nos dados coletados, a inclusão destes no estudo esteve condicionada ao consenso entre o trio de revisores.

RESULTADOS

A aplicação de tecnologias de realidade virtual para melhorar o aprendizado e destreza manual de discentes na graduação em Odontologia vem sendo estudada nos últimos anos. Um quantitativo de 164 publicações foi recuperado das bases de dados, sendo que após as etapas de triagem e aplicação dos critérios de elegibilidade permaneceram 14 artigos, do tipo ensaio clínico, para compor esta revisão (Figura 1).

Os artigos foram publicados entre os anos de 2004 e 2021 em língua inglesa, utilizando como público de pesquisa estudantes do curso de Odontologia variando entre o primeiro e último ano de graduação. O número amostral variou entre 20 e 130 discentes de ambos os sexos (masculino e feminino) distribuídos em no mínimo dois grupos (controle e experimental). O tempo de seguimento total dos estudos variou de uma hora e dezessete minutos até um ano de testes.

As tecnologias de realidade virtual testadas nos estudos tiveram principalmente o objetivo de melhorar o aprendizado e destreza manual dos discentes na realização de procedimentos odontológicos, como preparos cavitários para remoção

de cárie (n=7), acesso endodôntico (n=1) e coroas de porcelana fundida com metal (n=1); marcação, perfuração e alargamento de orifícios para implantes dentários (n=1); técnica anestésica intrabucal (n=1); tratamento periodontal (n=1); e conhecimentos teóricos (n=2). Os principais resultados encontrados, bem como as tecnologias testadas e suas finalidades, estão descritos na Tabela 1.

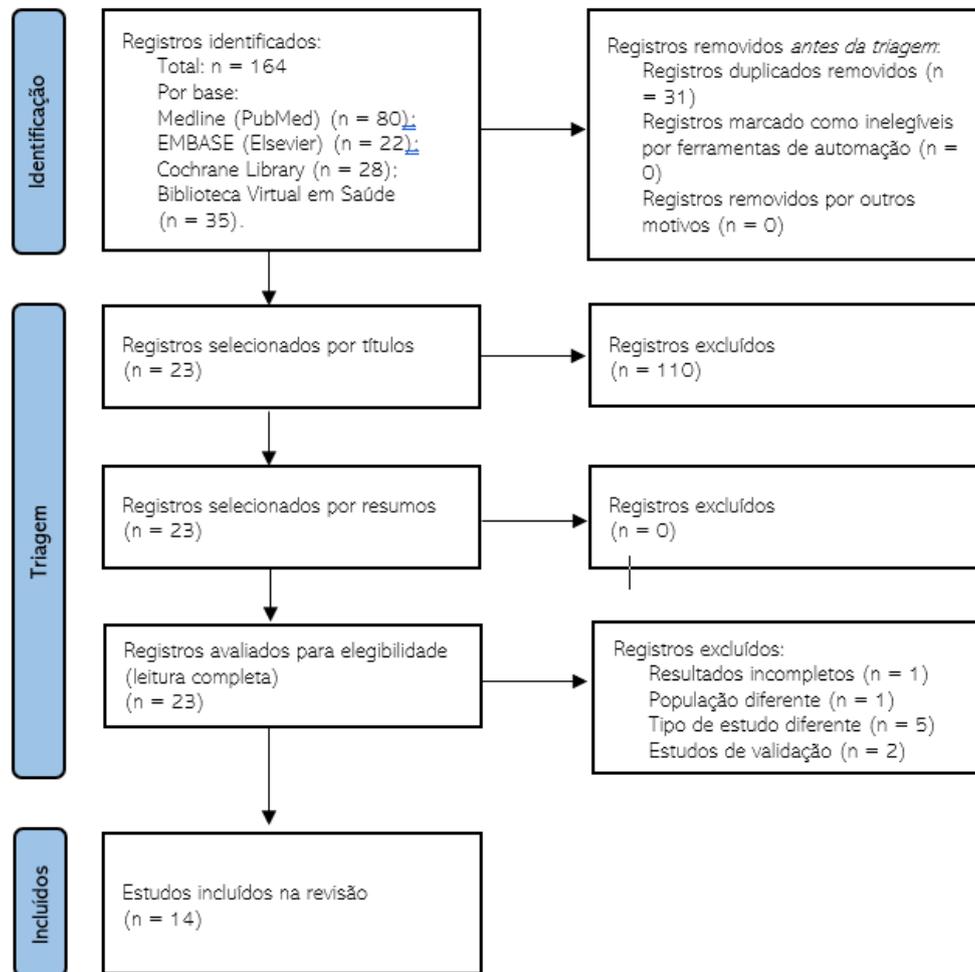


Figura 1. Diagrama de fluxo da seleção de estudos, seguindo o protocolo PRISMA 2020.

Em relação aos instrumentos de avaliação utilizados nos estudos, para se mensurar a eficácia da utilização da realidade virtual no processo ensino-aprendizagem, observou-se que foram aplicados três diferentes instrumentos avaliativos: os questionários com respostas avaliadas por escores de pontuações obtidas pelos discentes (n=3); a escala de desempenho, fomentada por respostas avaliadas pela performance prática com critérios pré-estabelecidos (n=3); e a avaliação prática, usada em maior quantidade (n=9), baseada na análise de um avaliador cego para qualificar o desempenho dos alunos. Apenas um estudo utilizou dois instrumentos para analisar a eficácia da tecnologia testada, sendo eles a escala de desempenho e a avaliação prática.

As potencialidades das tecnologias de realidade virtual testadas, bem como as limitações presentes nos estudos são pontos que também merecem ser analisados. A respeito das potencialidades, observou-se que a maioria das tecnologias se destacaram por facilitar a aprendizagem prática de procedimentos clínicos odontológicos com a sensação tátil semelhante a realidade e visualização interativa da cavidade bucal. Além disso, na perspectiva do ensino teórico, o desenvolvimento de autonomia do discente na aquisição de conhecimentos e na autoavaliação de seu aprendizado foram benefícios identificados em algumas tecnologias (Tabela 2).

Quanto às limitações encontradas no desenho metodológico dos estudos, essas são relacionadas, principalmente, com problemas no pré-treinamento dos alunos (pouco tempo na execução das tarefas para um primeiro contato com as

tecnologias), na avaliação ou nos métodos avaliativos (ausência de avaliações de confiabilidade metodológica, de comparações entre as análises pelos docentes com as das tecnologias e de especificações dos processos avaliativos), na quantidade de indivíduos recrutados (número amostral não representativo) e na compreensão do delineamento metodológico (falta de informações mais esclarecedoras para reprodutibilidade do estudo).

Tabela 1. Dados metodológicos e principais resultados dos estudos incluídos.

Publicação (Autor, ano)	Finalidade da Tecnologia de Realidade Virtual	Tecnologia de Realidade Virtual Testada	Principais Resultados
Quinn et al., 2003; ¹¹ LeBlanc et al., 2004; ¹² Wierinck et al., 2005; ¹³ Wierinck et al., 2006; ¹⁴ Dwisaptarini et al., 2018; ¹⁵ Vicent et al., 2020; ¹⁶ Murbay et al., 2020. ¹⁷	Preparo cavitário para remoção de cárie	3D Micro-CTs (SkyScan 1172); Simulador de Realidade Virtual Visuo-Tátil Omni (SensAble); Simulador assistido por computador DentSim® (DenX Ltd); Simulador Moog Simodont dental trainer (Mooq BV); Simulador operacional YRBT; Simulador Háptico Virteasy; e Navegador DentSimTM	Para a maioria das tecnologias testadas não se observou diferenças significativas entre os grupos experimental e controle, ambos tiveram resultados de desempenho semelhantes
Suebnuakarn et al., 2011. ¹⁸	Preparo cavitário para acesso endodôntico	Simulador de realidade virtual háptica com tomografia computadorizada	O desempenho pós-treinamento melhorou significativamente ($p < 0,05$) comparado com o desempenho pré-treinamento nos escores de erro na realização do procedimento nos grupos experimental e controle
Kikuchi et al., 2013. ¹⁹	Preparo cavitário para coroas de porcelana fundida com metal	Simulador de Realidade Virtual DentSim	Os escores totais dos alunos dos dois grupos experimentais testados foram significativamente maiores do que os do grupo controle ($p < 0,05$)
Mladenović et al., 2020. ²⁰	Técnica anestésica intrabucal	Aplicativo móvel Dental Simulator	Melhora significativa ($p < 0,05$) dos participantes do grupo experimental em relação ao controle, que também teve melhor média de tempo para realização do procedimento
Nardy et al., 2011. ²¹	Marcação, perfuração e alargamento de orifícios para implantes dentários	Sistema de navegação em realidade virtual Denex Image Guided Implantology (DenX Advanced Dental Systems)	No primeiro hemiarco mandibular o grupo experimental teve um desempenho significativamente melhor do que o grupo controle ($p = 0,016$). Já no segundo hemiarco o desempenho do grupo controle parecia melhor do que o do grupo experimental ($p = 0,05$)
Zhang et al., 2021. ²²	Tratamento periodontal	Sistema de Realidade Virtual UniDental	Os achados não mostraram diferença significativa ($p > 0,05$) nos primeiros resultados teóricos entre os quatro grupos testados. Os dois grupos experimentais que realizaram treinamento em mandíbula virtual obtiveram melhor desempenho significativo ($p < 0,05$) no segundo exame teórico, no processo operacional e de dimensionamento
Hashemikamangar et al., 2016; ²³ Vadillo et al., 2019 ²⁴	Conhecimentos teóricos	Experiência imersiva através do e-learning "SARMAD" da Escola Virtual da Universidade de Ciências Médicas de Teerã; e Sistema Second Life (Linden Lab)	Melhora significativa nos grupos experimentais pelas tecnologias testadas de acordo com os objetivos de aprendizagem analisados

Tabela 2. Principais potencialidades das tecnologias de realidade virtual testadas e fragilidades/limitações dos estudos incluídos.

Publicação (Autor, ano)	Locais dos Estudos	Potencialidades das Tecnologias Testadas	Fragilidades / Limitações dos Estudos
Dwisaptarini <i>et al.</i> , 2018; ¹⁵ Nardy <i>et al.</i> , 2011. ²¹	Tailândia e Israel	Visualização interativa dos tecidos duros bucais com diferenciação de cores; e sensação tátil semelhante a realidade na realização de procedimentos clínicos	Pouco tempo de pré-treinamento
Hashemikamangar <i>et al.</i> , 2016; ²³ Kikuchi <i>et al.</i> , 2013; ¹⁹ LeBlanc <i>et al.</i> , 2004; ¹² Mladenović <i>et al.</i> , 2020; ²⁰ Murbay <i>et al.</i> , 2020; ¹⁷ Quinn <i>et al.</i> , 2003. ¹¹	Irã, Japão, Canadá, Kosovo, China e Irlanda	Autonomia dos discentes na aquisição de conhecimentos e na autoavaliação; facilidade na aprendizagem prática dos procedimentos; baixo custo quando possibilita o uso em smartphone; e possibilidade de diversas programações com conteúdos diferentes	Fragilidades na avaliação ou nos métodos avaliativos
LeBlanc <i>et al.</i> , 2004; ¹² Vadillo <i>et al.</i> , 2019; ²⁴ Suebnuarn <i>et al.</i> , 2011. ¹⁸	Canadá, Peru e Tailândia	Facilidade na aprendizagem prática dos procedimentos com diminuição de margens de erro; e simulações realistas de atendimentos odontológicos	Amostras limitadas
Vicent <i>et al.</i> , 2020; ¹⁶ Wierinck <i>et al.</i> , 2005; ¹³ Wierinck <i>et al.</i> , 2006; ¹⁴ Zhang <i>et al.</i> , 2021. ²²	França, Bélgica e China	Facilidade na aprendizagem prática dos procedimentos; visualização interativa dos tecidos duros bucais; e sensação tátil semelhante a realidade na realização de procedimentos clínicos	Fragilidades no delineamento metodológico

DISCUSSÃO

O ensino odontológico concentra grande parte de sua carga horária no atendimento clínico, com o objetivo de formação e treinamento prático dos estudantes. Assim, os professores e estudantes precisam desenvolver competências e habilidades na formação para atuar na assistência integral à saúde^{25,26}. Isso, muitas vezes, é desafiador, já que envolve a busca e o planejamento das melhores estratégias de ensino para qualificar a formação dos alunos, e a utilização da realidade virtual na graduação vem ganhando cada vez mais espaço nesse processo²⁷.

Dentre os diversos procedimentos odontológicos aprendidos na graduação, a restauração de elementos dentários acometidos por cárie é um dos mais realizados na clínica²⁸. Metade dos artigos incluídos trouxeram aplicações de sistemas de realidade virtual para auxiliar no aprendizado e destreza manual dos discentes na execução da remoção de tecido cariado. Dois estudos observaram que o treinamento com navegador de realidade virtual DentSim™ (Image Navigation, Moshava, HaZafon, Israel) com *feedback* de instrutores proporcionou melhor desempenho geral ($p < 0,05$) na destreza manual, principalmente na avaliação da profundidade da parede pulpar, com menos riscos de exposição pulpar^{13,14}. No entanto, observou-se que a condição de *feedback* constante não foi efetiva a curto prazo, sendo que esse recurso pode despertar dependência do aluno a essa condição, interferindo na formação de competências e habilidades.

Quando testado o simulador Moog Simodont dental trainer (Moog BV, Nissin Dental Products, Nieuw-Venep, Holanda), 75% dos alunos do grupo experimental ($n=18$) obtiveram sucesso no preparo cavitário para restauração Classe 1, enquanto apenas 43% dos alunos do grupo controle ($n=14$) obtiveram sucesso. Esse simulador permite uma transição mais rápida dos alunos do estudo pré-clínico para o estudo clínico, além de disponibilizar planos de tratamento para uma ampla variedade de casos de pacientes e patologias dentárias, bem como a possibilidade de autoavaliação¹⁷.

No entanto, apesar de alguns sistemas de realidade virtual apresentarem bons resultados no desempenho geral dos discentes no preparo cavitário, alguns estudos não constataram diferenças significativas entre a utilização da tecnologia e a prática convencional^{12,15,16}. Observou-se em duas pesquisas que na retenção das paredes da cavidade o uso da tecnologia foi tão eficaz quanto a prática convencional^{11,13}. Tal critério é de fundamental importância já que o sucesso da restauração, principalmente em cavidades extensas, depende também das áreas retentivas preparadas²⁹.

Outros tipos de preparos cavitários comumente realizados em clínica, são os com finalidade endodôntica e/ou protética, para recebimento de coroa dentária. Em relação aos preparos para acesso endodôntico, uma pesquisa demonstrou que a utilização de um simulador de realidade virtual háptica com tomografia computadorizada gerou um desempenho significativamente melhor ($p < 0,05$) pós-treinamento dos discentes na execução do procedimento¹⁸. Assim como observado em um estudo que verificou a utilização de um simulador de realidade virtual DentSim para preparo cavitário para coroas de porcelana fundida com metal, no qual as pontuações obtidas pelos discentes nos critérios de avaliação estipulados e tempo de preparo foram significativamente maiores ($p < 0,05$) do que os do grupo controle¹⁹.

Tais resultados demonstram o potencial das tecnologias de realidade virtual no ensino de preparos cavitários, sendo importante enfatizar que o acompanhamento docente nesse processo é essencial para a avaliação e controle da efetividade das tecnologias. A orientação e avaliação por professores profissionais são indispensáveis e os sistemas virtuais não podem substituir totalmente os cursos tradicionais de formação³⁰.

Em relação à área da anestesiologia, uma pesquisa testou a utilização de um aplicativo para smartphone Dental Simulator para auxiliar na prática de bloqueio do nervo alveolar inferior, onde observou-se melhora significativa ($p < 0,05$) no aprendizado e destreza manual dos discentes do quarto ano de graduação que usaram o aplicativo, bem como no tempo de realização do procedimento²⁰. Tal resultado corrobora com um estudo em que testou a prática de anestesia de bloqueio do nervo alveolar inferior, de iniciantes na área, com um dispositivo háptico de realidade virtual, no qual seu uso foi considerado bastante satisfatório para o treinamento da anestesia, considerando a tarefa de inserção da agulha, que inclui o ponto e a profundidade corretos de inserção, bem como a percepção das resistências dos tecidos durante a inserção³¹.

Quanto a procedimentos mais específicos, que muitas vezes não são vivenciados na graduação, têm-se a reabilitação com implantes dentários. Na implantodontia, uma pesquisa testou o sistema de navegação em realidade virtual DenX Image Guided Implantology® (DenX Advanced Dental Systems, Moshav Ora, Israel) para realização de procedimentos prévios à instalação de implantes dentários por discentes do último ano de graduação, no qual observou-se que no primeiro teste dos procedimentos em um hemiarco mandibular, o grupo experimental teve um melhor desempenho quando comparado ao grupo controle ($p = 0,016$). No entanto, a execução de todas as tarefas foi significativamente mais rápida no grupo controle do que no grupo experimental (60,75 vs 77,25 minutos, $p = 0,02$)²¹. Tal resultado pode ser justificado pelo fato que no grupo controle a metodologia utilizada nos procedimentos foi a convencional, que aliada as repetições realizadas pelos discentes, o desempenho deles consegue ser otimizado quando comparado ao uso de um sistema novo.

Já no que se refere a saúde periodontal, um estudo avaliou a eficácia do sistema de realidade virtual UniDental (Zhonghui Technology Institute, Xangai, China), acompanhado de treinamento teórico e prático sobre conhecimento periodontal básico, no desempenho de discentes na realização de raspagens supra gengivais, apresentando uma melhor performance significativa ($p < 0,05$), para os que compuseram o grupo experimental, nas avaliações teóricas, no processo operacional e de dimensionamento²². A utilização do treinamento teórico e prático prévio aos testes foi uma estratégia importante, já que a compreensão dos fatores relacionados à saúde dos tecidos bucais e a técnica dos procedimentos são essenciais para o sucesso do tratamento periodontal.

Nessa perspectiva, alguns autores reforçam que a preparação do estudante ainda na graduação é decisiva para a qualidade da assistência, e deve ser avaliada a partir da elaboração e utilização de estratégias que favoreçam a

caracterização do conhecimento teórico-prático do aluno na execução de procedimentos clínicos³². Corroborando com essa linha de pensamento, dois estudos avaliaram os efeitos no aprendizado de assuntos teóricos odontológicos a partir do sistema Second Life²⁴ e da realidade virtual imersiva no *e-learning* "SARMAD"²³ (Tehran University of Medical Sciences, Teerã, Irã) em estudantes do quinto e último semestre de graduação, respectivamente. Observou-se, em ambos os estudos, uma melhora significativa ($p < 0,05$) nos conhecimentos, em pós-testes aplicados nos grupos experimentais, principalmente nos objetivos de aprendizagem referentes à compreensão de conceitos e interpretação. Apesar dos resultados positivos, nota-se que o sistema Second Life, como abordagem educacional restrita, não tem o potencial de melhorar o aprendizado dos discentes para situações que exijam relações pessoais.

Avaliando a satisfação dos discentes ($n=32$) com as experiências imersivas de realidade virtual no ensino teórico, 70% destes afirmaram que sugeririam o *e-learning* "SARMAD" como uma modalidade educacional eficiente e 93,3% afirmaram que esse método seria benéfico como complemento ao ensino convencional²³. No entanto, também há relatos de críticas e restrições ao *e-learning*, como a necessidade da simplificação da navegação dos programas, da presença de mais exercícios de autoavaliação³³, e de capacitação docente para utilizar o *e-learning*³⁴, além do entendimento de que esse recurso não pode trazer sozinho uma mudança no ensino³⁵. Assim, a realidade virtual demonstra potencial como complemento ao ensino convencional, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem dos discentes, mas é importante que uma avaliação adequada para os sistemas de realidade virtual seja realizada pelos estudos, para se mensurar a eficácia, aplicabilidade e limitações no âmbito educacional.

Nesse seguimento, analisando os instrumentos de avaliação utilizados pelos estudos incluídos nesta revisão, observou-se que a avaliação prática foi o instrumento mais usado ($n=9$). Porém, o olhar clínico e avaliativo sofre alteração de acordo com cada indivíduo, gerando uma maior limitação no que diz respeito aos critérios de fidedignidade desse instrumento, uma vez que é difícil padronizar a forma como esses avaliadores esboçaram seus resultados. Quanto a aplicabilidade das tecnologias testadas, observou-se que nenhum estudo foi realizado no Brasil, que apresenta um cenário econômico e social diferente de países do continente asiático e europeu que foram onde se realizou a maior parte dos estudos incluídos ($n=7$ e $n=4$, respectivamente). Parte desses países apresentam nível de desenvolvimento superior ao do Brasil e maiores investimentos na educação, o que favorece a inserção de tecnologias de realidade virtual na universidade.

Assim, o que pode justificar a carência de estudos nessa temática realizados no Brasil é o custo elevado associado a implementação dessas tecnologias na graduação. Já que uma limitação potencial da realidade virtual é o custo de introdução dos equipamentos, incluindo softwares³⁶, principalmente pensando em uma implementação em grande escala para uma população de estudantes universitários. Desse modo, apesar das potencialidades observadas nas tecnologias testadas, que demonstram aplicabilidade principalmente no desenvolvimento de destreza manual nos discentes, deve-se buscar estratégias para reduzir custos e tornar mais acessíveis para a graduação, com perdas mínimas na qualidade, vislumbrando assim viabilidade de implementação em países subdesenvolvidos.

Quanto as limitações encontradas nos estudos, que repercutem no delineamento metodológico, observaram-se que as fragilidades na avaliação ou nos métodos avaliativos foram consideradas como limitações bastante recorrentes. Isso pode ser explicado por ser necessário descrever sucintamente todo o processo avaliativo para aumentar a confiabilidade dos resultados. O maior delineamento dessas informações possibilitará uma melhor análise da efetividade dos sistemas de realidade virtual, para que os docentes se sintam mais seguros e conscientes em aplicá-los no ensino da graduação, pensando principalmente na qualificação do aprendizado dos estudantes de Odontologia e na preparação para o mercado de trabalho.

Diante das limitações encontradas e fragilidades nos processos de avaliação e elaboração das tecnologias de realidade virtual, ressalta-se que, embora existam recursos muito promissores, algumas das tecnologias não desempenharam resultados satisfatórios quando comparadas ao modelo convencional de ensino. Assim, propõe-se que mais estudos sejam realizados buscando menos subjetividade na avaliação das tecnologias de realidade virtual por meio da estruturação de parâmetros avaliativos dos sistemas e designer metodológico mais elucidado.

CONCLUSÃO

A realidade virtual vem sendo utilizada como uma ferramenta de grande valia no processo de ensino-aprendizagem de estudantes de Odontologia. A sua utilização na área da Odontologia apresenta o potencial de aprimorar habilidades técnicas relacionadas, principalmente, a preparos cavitários para remoção de cárie e como complemento no ensino de assuntos teóricos de disciplinas da graduação. Tais achados demonstram um caminho viável, já que essas tecnologias são capazes de complementar o método de ensino tradicional para habilidades clínicas e conhecimentos teóricos, antecedendo, com uma melhor preparação dos discentes, os seus atendimentos clínicos, tornando-se assim instrumentos promissores para a graduação.

REFERÊNCIAS

1. Costa RRO, Medeiros SM, Martins JCA, Menezes RMP, Araújo MS. O uso da simulação no contexto da educação e formação em saúde e enfermagem: uma reflexão acadêmica. *Rev Esp Saude*. 2015;16(1):59-65.
2. Fontes FLL, Santana RS, Silva HLL, Bezerra AMFA, Brito RG, Oliveira II, et al. Atuação do enfermeiro docente no ensino superior: entre o real e o ideal. *Inter J Develop Res [Internet]*. 2020;10(5):35924-35928. doi: <https://doi.org/10.37118/ijdr.18795.05.2020>
3. Noro LRA, Santos BCSF, Souza PHS, Pinheiro IAG, Borges REA, Nunes LMF, et al. O professor (ainda) no centro do processo ensino-aprendizagem em Odontologia. *Rev ABENO [Internet]*. 2015;15(1):2-11. doi: <https://doi.org/10.30979/rev.abeno.v15i1.146>
4. Achuthan K, Nedungadi P, Kolil V, Diwakar S, Raman R. Innovation adoption and diffusion of virtual laboratories. *Inter J Onl Biomed Engin [Internet]*. 2020;16(9):4-25. doi: <https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i09.11685>
5. Grivokostopoulou F, Kovas K, Perikos I. The effectiveness of embodied pedagogical agents and their impact on students learning in virtual worlds. *Applied Sci [Internet]*. 2020;10(5):1-14. doi: <https://doi.org/10.3390/app10051739>
6. Ayoub A, Pulijala Y. The application of virtual reality and augmented reality in oral maxillofacial surgery. *BMC Oral Health [Internet]*. 2019;19(238):1-8. doi: <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0937-8>
7. Inssenber SB, Gordon MS, Gordon DL, Safford RE, Hart IR. Simulation and new learning technologies. *Med Teach [Internet]*. 2001;23(1):16-23. doi: <https://doi.org/10.1080/01421590020007324>
8. Inquimbert C, Tramini P, Romieu O, Giraudeau N. Pedagogical Evaluation of Digital Technology to Enhance Dental Student Learning. *Eur J Dent [Internet]*. 2019;13(1):53-57. doi: <https://doi.org/10.1055%2Fs-0039-1688526>
9. Walmsley AD. Establishing New Dental Schools: Lessons Learned and Future Promise. *J Dent Educ [Internet]*. 2018;82(6):547-548. doi: <https://doi.org/10.21815/jde.018.060>
10. Robinson KA, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *Inter J Epid [Internet]*. 2002;31(1):150-53. doi: <https://doi.org/10.1093/ije/31.1.150>
11. Quinn F, Keogh P, McDonald A, Hussey D. A study comparing the effectiveness of conventional training and virtual reality simulation in the skills acquisition of junior dental students. *Eur J Dent Educ [Internet]*. 2003;7(4):164-169. doi: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0579.2003.00309.x>
12. LeBlanc VR, Urbankova A, Hadavi F, Lichenthal RM. A preliminary study in using virtual reality to train dental students. *J Dent Educ [Internet]*. 2004;68(3):378-383. doi: <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2004.68.3.tb03754.x>
13. Wierinck E, Puttemans V, Swinnen S, Steenberghe DV. Effect of augmented visual feedback from a virtual reality simulation system on manual dexterity training. *Eur J Dent Educ [Internet]*. 2005;9(1):10-16. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0579.2004.00351.x>
14. Wierinck E, Puttemans V, Steenberghe DV. Effect of tutorial input in addition to augmented feedback on manual dexterity training and its retention. *Eur J Dent Educ [Internet]*. 2006;10(1):24-31. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0579.2006.00392.x>
15. Dwisaptarini AP, Suebnukarn S, Rhienmora P, Haddawy P, Koontongkaew S. Effectiveness of the multilayered caries model and visuo-tactile virtual reality simulator for minimally invasive caries removal: a randomized controlled trial. *Op Dent [Internet]*. 2018;43(3):110-118. doi: <https://doi.org/10.2341/17-083-c>

16. Vincent M, Joseph D, Amory C, Paoli N, Ambrosini P, Mortier E, et al. Contribution of haptic simulation to analogic training environment in restorative dentistry. *J Dent Educ* [Internet]. 2020;84(3):367-376. doi: <https://doi.org/10.21815/jde.019.187>
17. Murbay S, Neelakantan P, Chang JWW, Yeung S. Evaluation of the introduction of a dental virtual simulator on the performance of undergraduate dental students in the pre-clinical operative dentistry course. *Eur J Dent Educ* [Internet]. 2020;24(1):5-16. doi: <https://doi.org/10.1111/eje.12453>
18. Suebnukarn S, Hataidechadusadee R, Suwannasri N, Suprasert N, Rhienmora P, Haddawy P. Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models. *Inter End J* [Internet]. 2011;44(11):983-989. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01899.x>
19. Kikuchi H, Ikeda M, Araki K. Evaluation of a virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparation at Tokyo Medical and Dental University. *J Dent Educ* [Internet]. 2013;77(6):782-792. doi: <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2013.77.6.tb05530.x>
20. Mladenović R, Pereira L, Djordjević F, Vlahović Z, Mladenović K, Cvetković A, et al. The use of mobile-aided learning in education of local anesthesia for the inferior alveolar nerve block. *Vojnos Preg* [Internet]. 2020;77(8):839-843. doi: <http://dx.doi.org/10.2298/VSP2009004E>
21. Nardy C, Sahar N, Eyal T, Ervin IW. Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners. *J Oral Maxillofacial Surg* [Internet]. 2011;69(10):2548-256. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2011.04.026>
22. Zhang J, Xing J, Zheng M, Sheng J, Zhang K, Zhang B. Effectiveness of virtual simulation and jaw model for undergraduate periodontal teaching. *BMC Med Educ* [Internet]. 2021;21(616):1-10. doi: <https://doi.org/10.1186/s12909-021-03064-1>
23. Hashemikamangar SS, Yazdanpanah F, Mirzaii M, Yazdani R, Karazifard MJ, Yasini E. Efficacy of e-learning via the website of tehran university of medical sciences for diagnosing tooth discolorations and treatment planning by senior dental students. *Act Med Ira*. 2016;54(8):536-541.
24. Vadillo RM, Canales JOG, Luján VCF, Malatto JMR, Asencios RHB, Vergiú CEC. Use of virtual reality as a learning environment in dentistry. *Gen Dent* [Internet]. 2019;67(4):21-27.
25. Queiroz MG, Dourado LF. O ensino da odontologia no Brasil: uma leitura com base nas recomendações e nos encontros internacionais da década de 1960. *Hist Cienc Saude-Manguinhos* [Internet]. 2009;16(4):1011-1026. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702009000400010>
26. Lage RH, Almeida SKTT, Vasconcelos GAN, Assaf AV, Robles FRP. Ensino e aprendizagem em Odontologia: análise de sujeitos e práticas. *Rev Bras Educ Med* [Internet]. 2017;41(1):22-29. doi: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n1RB20150155>
27. Joda T, Bornstein MM, Jung RE, Ferrari M, Waltimo T, Zitzmann NU. Recent trends and future direction of dental research in the digital era. *Int J Env Res Pub Health* [Internet]. 2020;17(6):1-8. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17061987>
28. Araújo J, Valois EM, Lago ADN, Silva BMAH, Costa JF, Firoozmand LM. Remoção parcial do tecido cariado em dentes permanentes: uma revisão integrativa da literatura. *Rev Bras Odont* [Internet]. 2017;74(1):31-35. doi: <https://doi.org/10.18363/rbo.v74n1.p.31>
29. Creeth JE, Karwal R, Hara AT, Zero DT, Grosso G, Godos J, Vinagre ARR. Avaliação clínica e laboratorial de diferentes sistemas adesivos em dentística restauradora. *Car Res* [Internet]. 2017;37:131-156.
30. Plessas A. Computerized virtual reality simulation in preclinical dentistry: can a computerized simulator replace the conventional phantom heads and human instruction?. *J Soc Simulation in Healthcare* [Internet]. 2017;12(5):332-338. doi: <https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000250>
31. Corrêa CG, Machado MAAM, Ranzini E, Tori R, Nunes FLS. Virtual reality simulator for dental anesthesia training in the inferior alveolar nerve block. *J Applied Oral Sci* [Internet]. 2017;25(4):357-366. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0386>
32. Costa RKS, Torres GV, Salvetti MG, Azevedo IC, Costa MAT. Instrumento para avaliar o cuidado de graduandos de enfermagem à pessoa com ferida. *Rev Esc Enfer USP* [Internet]. 2015;49(2):317-325. doi:

<https://doi.org/10.1590/S0080-623420150000200018>

33. Meckfessel S, Stühmer C, Bormann KH, Kupka T, Behrends M, Matthies H, et al. Introduction of e-learning in dental radiology reveals significantly improved results in final examination. *J Cranio-Maxillofacial Surg* [Internet]. 2011;39(1):40-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2010.03.008>
34. Santos GNM, Leite AF, Figueiredo PTS, Pimentel NM, Flores-Mir C, Melo NS, et al. Effectiveness of e-learning in oral radiology education: a systematic review. *J Dent Educ* [Internet]. 2016;80:1126-11239. doi: <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2016.80.9.tb06195.x>
35. Chang HJ, Symkhampha K, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, et al. The development of a learning management system for dental radiology education: a technical report. *Imag Sci Dent* [Internet]. 2017;47:51-55. doi: <https://doi.org/10.5624/isd.2017.47.1.51>
36. Pinheiro PS, Tomé MA, Lustosa LP. Realidade virtual na unidade de terapia intensiva: uma revisão integrativa. *Rev Eletr Acervo Saude* [Internet]. 2021;13(10):1-9. doi: <https://doi.org/10.25248/reas.e8929.2021>

Conflito de Interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Financiamento: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Código de Financiamento: 88887.671052/2022-00.

Contribuição dos Autores: Concepção e planejamento do estudo: EVMJ, CFMC, EGF. Coleta, análise e interpretação dos dados: EVMJ, CFMC, EGF, MSB. Elaboração ou revisão do manuscrito: EVMJ, CFMC, EGF, MSB, CAMA, ACSPT, EGCN, TAAMF. Aprovação da versão final: EVMJ, CFMC, EGF, MSB, CAMA, ACSPT, EGCN, TAAMF. Responsabilidade pública pelo conteúdo do artigo: EVMJ, CFMC, EGF, MSB, CAMA, ACSPT, EGCN, TAAMF.