

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA E ORTOPEDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM DISPOSITIVO DE
REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÉCNICA
RADIOGRÁFICA**

Maitê Michel Piazza Willig

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira

Porto Alegre

2024

MAITÊ MICHEL PIAZZA WILLIG

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM DISPOSITIVO DE
REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÉCNICA
RADIOGRÁFICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, linha de pesquisa Diagnóstico das Afecções Buco- Faciais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos pré-requisitos necessários para obtenção o título de Mestre em Clínica Odontológica - Radiologia.

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira.

Porto Alegre

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

Willig, Maitê Michel Piazza
DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM DISPOSITIVO DE
REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÉCNICA RADIOGRÁFICA
/ Maitê Michel Piazza Willig. -- 2024.
57 f.
Orientadora: Heraldo Luís Dias da Silveira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Programa
de Pós-Graduação em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS,
2024.

1. Radiologia Odontológica. I. Silveira, Heraldo
Luís Dias da, orient. II. Título.

MAITÊ MICHEL PIAZZA WILLIG

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM DISPOSITIVO DE
REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE TÉCNICA
RADIOGRÁFICA**

Aprovada em: Porto Alegre, 04 de Abril de 2024.

Banca Examinadora:

Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira (UFRGS)
(Presidente/Orientadora)

Dra. Maria Ivete Bolzan Rockenbach (FO PUCRS)

Dr. Mathias Pante Fontana (CDI)

Dr. Thiago de Oliveira Gamba (UFRGS)

Porto Alegre

2024

O futuro pertence a quem caminha.
Ana Michelle Soares

Ana Michelle Soares (ou AnaMi) foi uma jornalista e escritora brasileira. Lutou contra o câncer durante 12 anos, experiência que relatou nos livros "Enquanto eu respirar" e "Vida inteira". Ativista de cuidados paliativos, criou a página Paliativas e, em 2020, fundou a Casa Paliativas. Faleceu em janeiro de 2023, com 40 anos.

AnaMi e eu nos tornamos amigas durante meu tratamento oncológico. Dividimos nossas histórias uma com a outra e nos apoiamos em diversos momentos. Ela foi uma grande fonte de inspiração para muitos pacientes oncológicos. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, infinitamente generoso, por me conceder a remissão do câncer e me dar forças para realizar o grande sonho de ingressar no mestrado, mesmo durante o período de recuperação do transplante de medula óssea. A minha fé em Deus, me mostrou que sonhos que pareciam impossíveis, podem se tornar realidade.

Ao meu irmão Matheus, que sem a doação da sua medula, eu não estaria aqui hoje. Obrigada por salvar minha vida e me permitir viver. Você é meu herói.

Aos meus pais Lairton e Jaqueline, meus maiores incentivadores ao estudo, que sempre acreditaram em mim e fizeram o possível para que eu pudesse estudar. Dedico toda minha trajetória acadêmica a vocês. Vocês iluminam este mundo.

Ao meu marido Daniel, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigada por vibrar comigo as pequenas conquistas em minha vida. Você é meu melhor amigo e o meu grande amor.

Ao meu orientador Prof. Heraldo Luís Dias da Silveira, pela sua inestimável contribuição e apoio para a elaboração deste trabalho, com suas ideias inovadoras e maestria no ensino. Obrigada pela oportunidade de ser sua orientada, e por me incentivar a buscar a melhoria contínua no processo de aprendizagem. Você representa para mim, uma referência de excelência no ensino e pesquisa.

Aos professores da Radiologia da Faculdade de Odontologia da UFRGS, Prof. Nádia Arus, Prof. Priscila da Silveira, Prof. Mariana Vizzoto, e Prof. Thiago Gamba, pela oportunidade de conviver e aprender com vocês. Deus colocou pessoas queridas junto a mim nesta trajetória. Também agradeço a Prof. Danielle Freire, pelo período em que estive conosco na Radiologia.

Ao Henrique Timm Vieira, querido colega e radiologista, pela imensurável ajuda na realização desta pesquisa. Sem a sua ajuda, nada disso seria possível. Você é minha inspiração na radiologia.

Às minhas colegas de mestrado, Jerusa, Alessandra e Pietra, pela troca de conhecimento e apoio nos estudos.

Agradeço ao Fred, meu cachorro, por ser minha companhia em todos os dias que estive escrevendo este trabalho, e em todos os momentos da minha vida.

RESUMO

Introdução: A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia computacional que possibilita a interação do usuário com o ambiente real. Na radiologia odontológica, a RA tem o potencial de ajudar estudantes no desenvolvimento de suas habilidades clínicas, permitindo que se familiarizem com procedimentos e técnicas antes mesmo de interagirem com pacientes reais. Com a repetição das técnicas radiográficas em um ambiente de RA, os alunos podem reforçar seu conhecimento e aprimorar suas competências. O entendimento da anatomia dentária e das estruturas ósseas adjacentes é importante para a realização de boas técnicas radiográficas, e neste sentido, as reconstruções tridimensionais com imagens de tomografia computadorizada *cone beam* auxiliam no aprendizado. **Objetivo:** Desenvolver e testar a usabilidade de um dispositivo de RA para auxiliar o aprendizado das técnicas radiográficas periapicais.

Metodologia: o dispositivo foi desenvolvido a partir de imagens *DICOM* (*Digital Imaging and Communication in Medicine*), que foram convertidas em STL (*Standard Tessellation Language*). Em seguida, o *software Autodesk Meshmixer* (*Mill Valley, CA, USA*) foi utilizado para a construção do modelo tridimensional do paciente e o desenvolvimento das imagens das técnicas radiográficas periapicais, seguindo as orientações de projeção descritas na literatura. As imagens foram visualizadas através do aplicativo de realidade aumentada *M3DMIX* (*Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil*). Aspectos da usabilidade do dispositivo foram avaliados por meio do questionário baseado na escala SUS (*System Usability Scale*) por 44 alunos de graduação do curso de Odontologia.

Resultados: O teste de usabilidade obteve uma pontuação de 89,26, demonstrando que os alunos concordam que a utilização dessa tecnologia no ambiente de ensino apresenta impacto positivo no processo de aprendizado.

Conclusão: O dispositivo de RA desenvolvido para anatomia e técnica radiográfica pode ser uma ferramenta de ensino útil para os alunos de graduação em Odontologia.

Palavras-chave: educação odontológica; diagnóstico por imagem; realidade aumentada.

ABSTRACT

Introduction: Augmented Reality (AR) is a computational technology that enables user interaction with the real environment. In dental radiology, AR has the potential to help students improve their clinical skills, allowing them to become familiar with procedures and techniques before interacting with real patients. By repeating radiographic techniques in an AR environment, students can reinforce their knowledge and improve their skills. Understanding dental anatomy and adjacent bone structures is important for performing good radiographic techniques, and in this sense, three-dimensional reconstructions with cone beam computed tomography images help with learning. **Objective:** Develop and test the usability of an AR device to assist in learning periapical radiographic techniques. **Methodology:** the device was developed from DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) images, which were converted into STL (Standard Tessellation Language). Then, the Autodesk Meshmixer software (Mill Valley, CA, USA) was used to construct the three-dimensional model of the patient and develop images for periapical radiographic techniques, following the projection guidelines described in the literature. The images were viewed using the augmented reality application M3DMIX (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil). Aspects of the device's usability were evaluated using a questionnaire based on the SUS scale (System Usability Scale) by 44 undergraduate Dentistry students. **Results:** The usability test obtained a score of 89.26, demonstrating that students agree that the use of this technology in the teaching environment has a positive impact on the learning process. **Conclusion:** The AR device developed for anatomy and radiographic technique can be a useful teaching tool for undergraduate dentistry students.

Keywords: dental education; diagnostic imaging; augmented reality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RV – Realidade Virtual

RA – Realidade Aumentada

TCFC – Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

QRCode – *Quick Response Code*

DICOM – *Digital Imaging and Communication in Medicine*

STL – *Standard Tessellation Language*

HMD – *Head-mounted display*

SUS – *System Usability Scale*

TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 – Aspectos da usabilidade através do SUS e comparação por sexo

Figura 1 – Imagem em STL no software *Autodesk Meshmixer*

Figura 2 – Técnica radiográfica durante o desenvolvimento do dispositivo no *Autodesk Meshmixer*

Figura 3 – Criação do projeto no software *P3Dental*

Figura 4–Captura de tela da visualização em RA de uma técnica radiográfica, com área e ponto de incidência

SUMÁRIO

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA	13
1.1 REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA	13
1.2 APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO.....	15
1.3 ENSINO DA RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA.....	17
2 OBJETIVO.....	20
2.1 GERAL.....	20
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

1.1 REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

O conceito de Realidade Virtual (RV) origina-se na década de 1830, quando o primeiro estereoscópio foi criado e utilizado para criar ao usuário uma sensação de profundidade e imersão. Essa tecnologia evoluiu com a introdução de recursos ópticos em 1929, com o desenvolvimento de um simulador de voo para treinamento de pilotos da Força Aérea dos Estados Unidos, que com o passar dos anos, também foram usados para treinamento de astronautas. A RV é uma tecnologia que tem um ambiente totalmente virtual, gerado por computador, e para que seja possível visualizar esta tecnologia, é necessário um *Head Mounted Display* (HMD), que pode ser um óculos, ou capacete (DZYUBA et al., 2022).

A Realidade Aumentada (RA), tem como conceito, a sobreposição de imagens virtuais sobrepostas ao ambiente real, e surgiu na década de 1960, quando pesquisadores começaram a explorar a interação entre humanos e computadores. Um dos primeiros sistemas de RA foi desenvolvido em 1968 no Laboratório de Inteligência Artificial do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), nos Estados Unidos, consistindo em um sistema de capacete que exibia gráficos em tempo real sobrepostos à visão do usuário, criando a sensação de que os objetos virtuais estavam no mundo real. Nos anos seguintes, outros pesquisadores avançaram na área, criando sistemas que usavam técnicas como reconhecimento de imagem, rastreamento de objetos e detecção de marcadores para sobrepor elementos virtuais ao mundo real. Ainda assim, a tecnologia era restrita a ambientes controlados de laboratório, e sua aplicação prática era limitada. Um exemplo é um sistema desenvolvido em 1992, que usou um dispositivo de realidade aumentada para exibir informações sobre peças de aviões durante sua montagem (AZUMA, 1997; DZYUBA et al., 2022; MILGRAM; KISHINO, 1994).

Nos anos 90, a RV ganhou popularidade com jogos eletrônicos, juntamente com a RA e nos anos 2000, a RA começou a se fazer presente para o público em geral, com a criação de aplicativos que permitiam a sobreposição de informações virtuais sobre imagens capturadas pela câmera de um

dispositivo móvel. Desde 2012, novos sistemas de RV e RA foram lançados no mercado e têm atraído novamente o interesse público. Atualmente, a aplicação da RV e RA se estende além dos jogos e inclui usos nas redes sociais, treinamento de habilidades e educação (DZYUBA et al., 2022; HUANG et al., 2018).

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que enriquece a percepção do usuário em relação ao ambiente, permitindo a superposição de informações digitais sobre o mundo real, através de dispositivos como *smartphones* ou *tablets*. A RA oferece uma nova dimensão, possibilitando criar objetos virtuais que coexistem com o mundo real, complementando e aumentando a percepção e interação do usuário com o ambiente real (PEDROSA; ZAPPALA-GUIMARÃES, 2019).

O conceito de RA no contexto do aprendizado em saúde consiste na criação de um ambiente virtual que promove, por meio de estímulo visual multidimensional, plataformas padronizadas, seguras e flexíveis para o aprendizado (AYOUB; PULIJALA, 2019). A RA representa uma extensão da realidade perceptível, envolvendo a combinação de informações adicionais (virtuais) com um ambiente real, podendo ser mostrados no campo de visão do usuário, por meio de *softwares* que realizam esta integração (REYMUS; LIEBERMANN; DIEGRITZ, 2020).

Para que a experiência de RA seja possível de ser visualizada, são necessários dispositivos específicos, como óculos de RV e RA, chamado de HMD, ou um dispositivo móvel, como um *smartphone*. Os óculos de RV e RA são equipamentos eletrônicos que permitem ao usuário visualizar elementos digitais tridimensionais integrados ao ambiente real. Quando se utiliza os *smartphones* para a experiência de RA, são necessários aplicativos que permitem a visualização de elementos digitais sobre o ambiente real. Nesse caso, a câmera do dispositivo é utilizada para capturar imagens do ambiente real, que são processadas pelo software de RA para inserir os elementos virtuais na cena (ÁLVAREZ-MARÍN; VELÁZQUEZ-ITURBIDE, 2021; MARTIN-GUTIERREZ, 2017).

1.2 APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO

A prática odontológica abrange um espectro de habilidades, cujo ensino incorpora habilidades técnicas complexas e compreensão acadêmica teórica sólida. A amplitude do aprendizado na educação odontológica fornece muitas áreas onde a RA pode ser explorada para auxiliar no ensino acadêmico (DZYUBA et al., 2022).

Estudos de Jasinevicius et al., 2004; Schleyer et al., 2012; Tiu et al., (2016) relatam que a possibilidade da integração de ferramentas de RA aos métodos de ensino em odontologia é animadora, pois sua natureza interativa permite que o estudante se torne o protagonista do seu próprio processo de aprendizagem. Além disso, o uso dessas tecnologias pode oferecer uma excelente melhoria a médio e longo prazo e pode diminuir a necessidade de tutoria direta por parte dos professores.

Outros benefícios incluem o refinamento de habilidades previamente ao contato com pacientes (o que também aprimora a segurança dos próprios pacientes, tendo em vista que os alunos estarão mais capacitados para atendê-los), e possibilitam que os alunos possam aplicar procedimentos de maneira mais eficiente, reforçando seu conhecimento ao longo do tempo com a repetição de procedimentos para fixação do conhecimento (PERRY; BRIDGES; BURROW, 2015).

A RA permite que os usuários sobreponham visualizações criadas virtualmente do paciente. É possível visualizar qualquer modelo tridimensional, por exemplo, um projeto protético de uma possível reconstrução, pode ser aumentado na situação individual do paciente para simular diversos resultados antecipadamente. Outra área de interesse, é a educação odontológica, transferindo conhecimentos teóricos e exercícios práticos para oferecer ensino interativo com acesso a qualquer hora do dia (ARÚS et al., 2017; JODA et al., 2020).

Várias tecnologias e metodologias são utilizadas na educação, mas aquelas que recebem mais interesse são as de RV e RA. Um exemplo de ensino, é o aprendizado da anatomia, que tradicionalmente depende de técnicas tradicionais como a dissecação cadavérica humana e o uso de livros didáticos. À

medida que a tecnologia avança, existem maneiras revolucionárias de aprender anatomia, e através de uma revisão sistemática, foi possível destacar os avanços recentes da RV e RA na implementação dessa tecnologia em cursos de graduação e pós graduação, onde o estudo da anatomia faz parte da grade curricular (URUTHIRALINGAM; REA, 2020). Além disso, o estudo Lee, (2018) mostrou que as tecnologias de RA e RV estimulam o aprendizado.

Em uma revisão de escopo Towers (2019), analisou o uso e a aplicação da RV e RA no ensino odontológico, incluindo 61 estudos. Destes, 18 avaliaram o uso de RV na simulação de preparo de cavidades, 12 no preparo de formas abstratas, 5 de tratamentos endodônticos, 1 em medidas endodônticas, 6 de raspagens periodontais, 2 de diagnóstico de cáries, 4 de testes psicomotores, 2 de remoção óssea cirúrgica, 4 de posicionamento de implantes, 1 de cefalometria, 1 de medições endodônticas, 4 de preparo de coroas e 1 anestesia local. Não foram incluídos estudos envolvendo especificamente o uso de RA para visualização e interpretação de exames radiográficos e técnicas radiográficas.

A possibilidade do aluno aplicar procedimentos de maneira eficiente através da RA reforça seu conhecimento ao longo do tempo com a repetição de procedimentos para fixação do conhecimento, contribuindo para a diminuição de erros de execução técnica (PERRY; BRIDGES; BURROW, 2015).

O uso de ferramentas de RV e RA na odontologia ainda é incipiente, mas já é amplamente utilizado na medicina, especialmente nas cirurgias laparoscópicas. Ao longo dos anos sua utilização tem sido aperfeiçoada, tornando-se uma ferramenta valiosa para melhorar a qualidade e a precisão dos procedimentos da área da saúde (Huber et al., 2018). Novas pesquisas devem abordar a aplicação da RA na odontologia, para que essa tecnologia seja apropriadamente explorada no campo odontológico, com enfoque em avaliar seu impacto no aprendizado e no cotidiano clínico, com a realização de ensaios randomizados, e estabelecimento de padrões tecnológicos para seu uso em ampla escala (AZARMEHR et al., 2017; JODA et al., 2019; MALIHA et al., 2018).

A evolução tecnológica e a diversificação do perfil dos estudantes requerem inovação no ambiente de ensino, tornando o mesmo mais atraente e

interativo, valorizando a aplicação de métodos interessantes e participativos (CILLIERS, 2017).

A maior parte da geração atual de estudantes de graduação fazem parte da denominada “geração Z”, ou seja, indivíduos nascidos entre 1995 e 2010, segundo o estudo de Seemiller et al., (2019), que são caracterizados pelo contato com a tecnologia e com a internet, algo que impacta diretamente sua relação com a informação e, conseqüentemente, com o modo de aprendizado. O excesso de informações e a falta de capacidade de concentração são os maiores desafios para a aprendizagem desta geração. Dessa forma, uma aula tradicional expositiva, pode não ser a melhor maneira de envolver e motivar esses estudantes no processo de aprendizagem (HILČENKO, 2017). Devido ao excesso de estímulos visuais presentes atualmente, essa geração tende a aprender de forma mais efetiva quando exposta a objetos de estudo mais visuais e interativos. A utilização de tecnologias avançadas como a RA pode desempenhar um papel crucial na melhoria da qualidade e da experiência de ensino e aprendizagem, pois ela apresenta um potencial de criar interfaces inovadoras e atraentes, incentivando os alunos para o processo de aprendizagem. Ao fomentar a aprendizagem visual e interativa, é possível ampliar a capacidade de absorção e retenção de conhecimento pelos estudantes, contribuindo para um ensino mais eficaz (AYOUB; PULIJALA, 2019; IQBAL; MANGINA; CAMPBELL, 2022).

1.3 ENSINO DA RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA

As radiografias periapicais são muito importantes para estabelecer um diagnóstico preciso, e fundamental para definir uma estratégia de tratamento apropriada. Assim, a capacitação na utilização de imagens radiográficas como instrumentos de diagnóstico constitui um elemento crucial na formação acadêmica dos profissionais de odontologia (BUSANELLO et al., 2015).

A tecnologia é muito importante no ensino da radiologia odontológica, o que pode ser observado no estudo de Silveira et al., (2009), que testou um objeto virtual de aprendizado, o qual foi aprovado pelos alunos em todos os aspectos da usabilidade, e ressalta que o uso de novas tecnologias facilitam e auxiliam no processo de aprendizado.

O estudo de Carvalho et al., (2008), avaliou o desempenho dos alunos de graduação durante a disciplina de radiologia odontológica em relação à realização das técnicas radiográficas intraorais. Um total de 1.004 radiografias periapicais foram analisadas, destas, 33% apresentaram imagens radiográficas inadequadas quanto ao enquadramento do filme, resultado de erro na execução da técnica radiográfica intraoral. Também foi observado, a estreita relação entre o aprendizado pré-clínico e sua aplicação nas atividades clínicas e na capacitação discente. Em outro estudo Mendonça et al., (2017), avaliaram os erros em exames radiográficos intraorais realizados por acadêmicos de odontologia; observaram que o erro de técnica mais comum foi angulação vertical, no qual foi possível verificar a necessidade de estudar mais as técnicas radiográficas.

Os meios digitais estão presentes em nossas vidas pessoais e profissionais, e como resultado disso, também utilizamos esses domínios no ambiente acadêmico. A educação pode utilizar recursos tecnológicos como formas de auxílio no aprendizado da radiologia odontológica, com a perspectiva de integrar a prática com a teoria. Em um estudo que abordou alguns recursos de ensino digital na radiologia odontológica, os autores Monier et al., (2018) observaram que a aprendizagem assistida por computador, ou *e-learning*, consiste em uma vasta gama de metodologias de instrução e ferramentas para facilitar o aprendizado. O emprego da tecnologia no ensino de Radiologia Odontológica tem sido relatado na literatura. Esta especialidade está integrada com as demais áreas da Odontologia, como importante auxiliar no planejamento e diagnóstico das afecções bucais, tendo apresentado constante desenvolvimento nos últimos anos. Atualmente, imagens radiográficas podem ser visualizadas, armazenadas e gerenciadas por ferramentas digitais (MONIER et al., 2018).

Em um estudo presente na literatura, foi possível concluir que a utilização de um objeto de aprendizagem digital somado a exercícios práticos, melhorou o aprendizado de alguns fatores que podem interferir numa imagem radiográfica. Entende-se que a aprendizagem é um processo em que o indivíduo desenvolve comportamentos, conhecimento, raciocínio, habilidades psicomotoras e também

assume que o ensino é uma forma de fornecer meios de aprendizagem para o aluno (IMGÄRTCHEN et al., 2016).

A aprendizagem por meios eletrônicos tem sido usada recentemente nos currículos odontológicos para apoiar os métodos tradicionais de aprendizado. Por meio de uma revisão sistemática Santos et al., (2016), observaram que os alunos obtiveram resultados positivos com o ensino utilizando meios digitais.

No estudo de Busanello et al., (2015), foi desenvolvido e utilizado um objeto digital de aprendizagem, onde observaram que os alunos que empregaram o objeto virtual de aprendizagem apresentaram um desempenho superior em comparação aos que aplicaram métodos tradicionais. Isso indica que o objeto virtual de aprendizagem pode ser um recurso educacional valioso para estudantes de graduação em Odontologia, sendo aplicável tanto em atividades de ensino a distância, como um complemento eficaz no ensino presencial.

Gu & Lee, (2019), desenvolveram um simulador baseado em RA, que fornece aos alunos a oportunidade de aprendizado de habilidades associadas à imagem radiográfica, melhorando a compreensão da anatomia oral com a ajuda da tecnologia de RA. Os autores concluíram que o aluno melhora sua percepção sobre as posições das angulações nas tomadas radiográficas, e que a demanda por tecnologia envolvendo RA no ensino da radiologia odontológica, se mostra cada vez mais necessária. Este universo tecnológico propiciou um ambiente seguro e inovador de aprendizado, permitindo que o aluno aprimorasse suas habilidades clínicas a partir do entendimento de anatomia e técnica radiográfica.

2 OBJETIVO

2.1 GERAL

Desenvolver e testar a usabilidade de um dispositivo de RA para auxiliar no aprendizado das técnicas radiográficas periapicais aos estudantes de graduação em odontologia.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ-MARÍN, A.; VELÁZQUEZ-ITURBIDE, J. Á. Augmented Reality and Engineering Education: A Systematic Review. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 14, n. 6, p. 817–831, 2021.

ARÚS, N. A. et al. Teaching Dental Students to Understand the Temporomandibular Joint Using MRI: Comparison of Conventional and Digital Learning Methods. **Journal of Dental Education**, v. 81, n. 6, p. 752–758, 2017.

AYOUB, A.; PULIJALA, Y. The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. **BMC Oral Health**, v. 19, n. 1, p. 1–8, 2019.

AZARMEHR, I. et al. Surgical Navigation: A Systematic Review of Indications, Treatments, and Outcomes in Oral and Maxillofacial Surgery. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 75, n. 9, p. 1987–2005, set. 2017.

AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1 ago. 1997.

BROOKE, J. SUS : A Retrospective. v. 8, n. 2, p. 29–40, 2013.

BUSANELLO, F. H. et al. Evaluation of a digital learning object (DLO) to support the learning process in radiographic dental diagnosis. **European Journal of Dental Education**, v. 19, n. 4, p. 222–228, 1 nov. 2015.

CARVALHO, P. L. DE et al. Desempenho dos alunos de graduação durante a clínica de radiologia odontológica. **Revista da ABENO**, v. 8, n. 2, p. 146–151, 2008.

CILLIERS, E. J. THE CHALLENGE OF TEACHING GENERATION Z. **PEOPLE: International Journal of Social Sciences**, v. 3, n. 1, p. 188–198, 1 jun. 2017.

DZYUBA, N. et al. Virtual and augmented reality in dental education: The good, the bad and the better. **European journal of dental education : official journal of the Association for Dental Education in Europe**, 6 nov. 2022.

GU, J. Y.; LEE, J. G. Augmented reality technology-based dental radiography simulator for preclinical training and education on dental anatomy. **Journal of Information and Communication Convergence Engineering**, v. 17, n. 4, p. 274–278, 2019.

HILČENKO, S. How Generation “ Z ” Learns Better ? v. 9563, p. 379–389, 2017.

HUANG, T. K. et al. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. **Kaohsiung Journal of Medical Sciences**, v. 34, n. 4, p. 243–248, 2018.

HUBER, T. et al. Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: development and future aspects. **International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery**, v. 13, n. 2, p. 281–290, 18 fev. 2018.

IMGÄRTCHEN, M. R. Á. et al. Desenvolvimento e avaliação de um objeto de aprendizagem sobre fatores que interferem na imagem radiográfica. **Revista da ABENO**, v. 16, n. 4 SE-Artigos, p. 114–124, 21 dez. 2016.

IQBAL, M. Z.; MANGINA, E.; CAMPBELL, A. G. **Current Challenges and Future Research Directions in Augmented Reality for Education. Multimodal Technologies and Interaction**, 2022.

JASINEVICIUS, T. R. et al. An Evaluation of Two Dental Simulation Systems: Virtual Reality versus Contemporary Non-Computer-Assisted. **Journal of Dental Education**, v. 68, n. 11, p. 1151–1162, 2004.

JODA, T. et al. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. **Computers in Biology and Medicine**, v. 108, n. January, p. 93–100, maio 2019.

JODA, T. et al. Recent trends and future direction of dental research in the digital era. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 6, p. 1–8, 2020.

LAROBINA, M. Thirty Years of the DICOM Standard. **Tomography**, v. 9, n. 5, p. 1829–1838, 2023.

LEE, S.-H. Research and development of haptic simulator for Dental education using Virtual reality and User motion. **International Journal of Advanced Culture Technology**, v. 6, n. 4, p. 52–57, 2018.

MALIHA, S. G. et al. Haptic, Physical, and Web-Based Simulators: Are They Underused in Maxillofacial Surgery Training? **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 76, n. 11, p. 2424.e1-2424.e11, nov. 2018.

MALLYA, S. M.; LAM, E. W. N. White & Pharoah - Radiologia Oral: Princípios e Interpretação. In: 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2020.

p. 87–110.

MARTIN-GUTIERREZ, J. Virtual Technologies Trends in Education. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 13, 30 jan. 2017.

MENDONÇA, D. M. et al. Avaliação de erros em exames radiográficos intrabucais realizada por acadêmicos de Odontologia/UFAM. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**, v. 26, n. 2, p. 119, 2017.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE Trans. Information Systems**, v. E77- D, p. 1321–1329, 1 dez. 1994.

MONIER, E. B. et al. O uso de recursos digitais no ensino de Radiologia Odontológica: uma revisão integrativa de literatura. **Revista da ABENO**, v. 18, n. 3 SE-Artigos, p. 75–83, 7 ago. 2018.

MORRISON, J. Evaluation. **BMJ**, v. 326, n. 7385, p. 385 LP – 387, 15 fev. 2003.

ORHAN, K. et al. Assessing the reliability of CBCT-based AI-generated STL files in diagnosing osseous changes of the mandibular condy comparative study with ground truth diagnosis. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 52, n. 7, 2023.

PEDROSA, S. M. P. DE A.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M. A. Virtual reality and augmented reality: thinking about the uses and benefits in education. **Educação e Cultura Contemporânea**, v. 16, n. 43, p. 123–146, 2019.

PERRY, S.; BRIDGES, S. M.; BURROW, M. F. A review of the use of simulation in dental education. **Simulation in Healthcare**, v. 10, n. 1, p. 31–37, 2015.

REYMUS, M.; LIEBERMANN, A.; DIEGRITZ, C. Virtual reality: an effective tool for teaching root canal anatomy to undergraduate dental students – a preliminary study. **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 11, p. 1581–1587, 2020.

SAMSUNG. **Samsung Web Page**. Disponível em: <<https://www.samsung.com/br/smartphones/galaxy-a/galaxy-a31-black-128gb-sm-a315gzkkzto/>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

SANTOS, G. N. M. et al. Effectiveness of E-Learning in Oral Radiology Education: A Systematic Review. **Journal of Dental Education**, v. 80, n. 9, p.

1126–1139, set. 2016.

SCHLEYER, T. K. et al. From Information Technology to Informatics: The Information Revolution in Dental Education. **Journal of Dental Education**, v. 76, n. 1, p. 142–153, 2012.

SEEMILLER, C. et al. How Generation Z College Students Prefer to Learn : A Comparison of U . S . and Brazil Students. v. 9, n. 1, p. 349–368, 2019.

SILVEIRA, H. L. D. et al. Evaluation of the radiographic cephalometry learning process by a learning virtual object. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 136, n. 1, p. 134–138, 2009.

TIU, J. et al. Effectiveness of Crown Preparation Assessment Software As an Educational Tool in Simulation Clinic: A Pilot Study. **Journal of Dental Education**, v. 80, n. 8, p. 1004–1011, 2016.

TOWERS, A. A scoping review of the use and application of virtual reality in pre-clinical dental education. **British Dental Journal**, v. 226, n. 5, p. 358–366, 2019.

URUTHIRALINGAM, U.; REA, P. M. Augmented and Virtual Reality in Anatomical Education - A Systematic Review. **Advances in experimental medicine and biology**, v. 1235, p. 89–101, 2020.