

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-005>

Giácomo Antônio Althoff Bolan

Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC)

Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC-UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Araranguá, Brasil

E-mail: kinhobolan@gmail.com

Eliane Pozzebon

Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC)

Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC-UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Araranguá, Brasil

E-mail: eliane.pozzebon@ufsc.br

Antônio Reis de Sá Júnior

Graduação em Medicina pela Universidade Federal de Juiz de Fora

Mestre e Doutor em Ciências no Programa de Psiquiatria pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Médico psiquiatra com título de especialista pela Associação Brasileira de Psiquiatria

Professor Adjunto curso de Medicina no Departamento de Clínica Médica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Araranguá, Brasil

E-mail: antoniorsjr@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo é trazer os conceitos de Metaverso, 5G, Nanotecnologia, IoT¹, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e realidade Mista, inseridas em tópicos que abordam o referido tema e trazem informações das inovações tecnológicas quanto a aplicação da realidade aumentada na medicina e a utilização de novas tecnologias como o HoloLens. A partir dos conceitos e definições, podemos identificar o uso da realidade aumentada pela medicina e sua aplicação nas mais diversas áreas da saúde com o uso de aplicativos específicos para cada área, os quais possibilitam um grande avanço tecnológico e interativo entre o homem e a realidade aumentada na área da saúde. A metodologia utilizada [3], foi a abordagem qualitativa, que busca informações, pela coleta de dados descritivos, buscando compreender o fenômeno ou objeto estudado. Quanto a natureza [3], é descritiva, visando observar um acontecimento, situação e entender sua aplicação, a presente pesquisa quanto ao procedimento é uma pesquisa bibliográfica, que utiliza fontes documentais, como livros, artigos científicos, teses e dissertações, para a coleta e análise de dados. Quanto ao objetivo [3], é uma pesquisa descritiva, buscando descrever uma situação. Com fulcro na análise dos impactos das novas tecnologias é possível verificar o impacto destas na medicina, nas mais variadas áreas.

Palavras-chave: Metaverso, Novas Tecnologias, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, HoloLens.

1 INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias que aumentam a interação do mundo digital com o homem, como o Metaverso, 5G, Nanotecnologia, IoT, Robótica, Inteligência Artificial e Realidade Virtual e Mista, possibilitando um maior aprendizado e novas aplicações na realidade aumentada, bem como sua utilização pela medicina. O tema Metaverso, gradativamente trouxe novos e incríveis formatos de tecnologias [1]. enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para sociedade, oferecendo e acrescentando a construção de conhecimento. Diante dessas novas

¹ IoT – Internet das Coisas

tecnologias a Realidade Aumentada (RA), tem sido utilizada como imagem digital para fazer parte do mundo real conseguindo obter muitas vantagens ao implementar a informação da imagem real agregando-lhe atributos que esta não possui.

A interação com diversos indivíduos em um ambiente virtual, mediante a criação de um contexto e objetivo traz uma nova forma de aprendizagem que está sendo moldada e é um campo vasto de pesquisas, como será vislumbrado nas aplicações de realidade aumentada utilizadas na área da saúde.

[2] A realidade aumentada para fins médicos tem sido teorizada desde o início da década de 1990 e a implementação tem sido empregada em diferentes campos como neurocirurgia, ultrassom e outros mais. O principal objetivo da realidade aumentada para uso na medicina, bem como em cirurgias é equipar cirurgiões com visão aumentada para que possibilite ver dentro de um paciente. A cirurgia minimamente invasiva reduz a quantidade de trauma que um paciente experimenta usando incisões menores em comparação com a cirurgia aberta, permitindo um menor tempo de recuperação, doses mais baixas de medicação para dor e menor taxa de infecção.

A metodologia utilizada na presente pesquisa é exploratória, bem como, uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” [3], enfatizando também a realidade aumentada e mista, as quais são tecnologias interativas e de exibição emergentes que são capazes de mesclar objetos virtuais, em duas ou três dimensões, com o mundo real e as aplicações somadas com o uso de óculos HoloLens tem permitido avanços imensuráveis como podem ser verificados nas pesquisas descritas [2].

O objetivo pesquisa é demonstrar a aplicação da realidade aumentada e novas tecnologias na medicina.

Neste artigo apresenta-se na seção II as Novas Tecnologias, na seção III a Aplicação da realidade aumentada na medicina, na seção IV as Considerações finais.

2 NOVAS TECNOLOGIAS

2.1 METAVERSO

Dentre os diversos conceitos, é possível sintetizar a ideia geral de que o Metaverso seria uma palavra empregada para demonstrar um mundo virtual que espelha a realidade por meio de dispositivos digitais. “Essa tecnologia pode ser considerada como um híbrido entre ambientes virtuais de aprendizagem, jogos, comunicadores instantâneos e comunidades virtuais” [4]. A ideia sobre os metaversos que vem sendo apresentada pelas empresas de tecnologia não é nova. “... metaverso, embora descrita com outros termos, surge em 1984, em livros como *Neuromancer*, de William Gibson.” [5]. Caminhamos a passos largos em direção da concepção do metaverso demonstrado na

ficção científica, graças às “interfaces” gráficas de alta resolução e objetos modelados na forma tridimensional [6].

O metaverso pode ser definido como um conjunto de tecnologias conectados a “IoT²” e “Blockchain³” associados à outras tecnologias, incluindo a tecnologia na área médica; bem como, que o metaverso funciona como um mapa do mundo real, dentro do mundo virtual [7].

[8] Ainda temos outra definição, de que o Metaverso contribui no sentido de colaborar com uma plataforma alternativa de interação do homem com o mundo virtual, não existindo muitas restrições na alteração dos ambientes ao redor ou até mesmo no aspecto dos avatares, podendo ser utilizado como uma plataforma que espelha os pensamentos humanos ou até sonhos, isso no mundo do metaverso. Em outra avaliação [9], o metaverso é visto como uma plataforma de aprendizagem baseada em jogos como o “Second Life”, devido a sua funcionalidade a qual difere dos demais, tendo em vista que os usuários são capazes de construir o ambiente que os avatares habitam e não são limitados por objetivos já definidos.

É notável a contínua evolução da realidade virtual, com constantes mudanças e avanços tecnológicos, [10] e em fevereiro de 2021, foi revelada a criação de um aplicativo denominado “MetaHuman Creator”, pela “Epic Games”, baseado num navegador que capacita desenvolvedores de jogos, como qualquer pessoa a criar um humano digital, de forma realista e sob medida, totalmente equipado com roupas, cabelos, sapatos em tempo recorde. O aplicativo é executado na nuvem por meio do “Unreal Engine Pixel Streaming”, acelerando o processo de criação humana digital.

[10] Uma das tarefas mais difíceis na criação do conteúdo 3D foi a construção de humanos digitais, pois demandava uma grande quantidade de tempo, esforço e equipamentos apenas para a criação de um personagem, barreira que está sendo superada, pois o “MetaHuman Creator” pode ser utilizado em combinação com a tecnologia de captura e animação para a criação de movimentos realistas para videogames, filmes, televisão dentre outros, visando um padrão de interação entre o humano e o computador. O aplicativo criado, agiliza o processo de criação dos avatares por meio de um fluxo de trabalho intuitivo, indicando que a era “Cyborg” está apontando com novas perspectivas.

O Metaverso, gradativamente trouxe novos e incríveis formatos de tecnologias [1] que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para sociedade, oferecendo e acrescentando a construção de conhecimento. Diante as diversas tecnologias a Realidade Aumentada (RA⁴), tem sido utilizada como imagem digital para fazer parte do mundo real conseguindo

² *IoT* é uma sigla, que significa internet das coisas, ou seja, que visa a conectividade e permite a troca de dados entre si.

³ “Blockchain”, significa uma lista de registro imutável, contendo informações com carimbo, data, hora e dados da transação.

⁴ RA – Realidade Aumentada

obter muitas vantagens ao implementar a informação da imagem real agregando-lhe atributos que esta não possui.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O futuro trazido pelos avanços tecnológicos [11] e, em especial pelo maravilhoso desenvolvimento da ciência de dados e inteligência artificial – IA, invoca o futuro contrário pintado por numerosas histórias de ficção científica. Essas histórias falam da existência humana na era da IA, referente sociedades automatizadas, desumanizadas e deprimidas, solitárias e na companhia de máquinas, que contribuem para a predação do planeta, degradação ecológica, governos totalitários e fortes desigualdades no acesso a recursos e poder, alienação e exclusão. Nesse cenário, as pessoas da classe elitizada monopolizam e usam tecnologia inteligente sofisticada como instrumento de mercantilização, repressão, exploração, manipulação e controle dos menos afortunados. [11] A ascensão da IA tem alimentado o debate sobre a contribuição potencial de novas tecnologias para a criação de um mundo próspero e equitativo, contra os inúmeros riscos éticos, morais, legais, humanitários e político-sociais, bem como os riscos à saúde física e mental.

2.3 IOT

A Internet das Coisas – IoT [12] é vista como uma futura Internet, que pode conectar todas as pessoas e coisas a qualquer momento, em qualquer lugar. A IoT torna os dispositivos de rede mais inteligentes para a comunicação, tomar decisões e fornecer serviços inteligentes. Especialmente nos últimos anos, os dispositivos IoT aumentaram extraordinariamente com o desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento e a popularidade dos smartphones. O número de dispositivos IoT implantados poderá chegar a 50 trilhões no próximo ano o que trará um enorme desafio sobre como conectar as pessoas com esses dispositivos IoT maciços. No entanto, as redes atuais limitam a implantação de IoT devido à arquitetura de rede ossificada, o que dificulta a habilitação de novos protocolos de rede e fornecer garantias de Qualidade de Serviço -QoS, a partir disso podemos observar que projetar e implementar IoT tornou-se um problema urgente devido a uma grande quantidade de dispositivos que precisariam estar conectados à Internet para interações de informações.

2.4 5G

Quando a capacidade de desempenho de uma rede de internet aumenta [13], aliada aos desenvolvimentos do smartphone em termos de resolução de tela e à capacidade de exibir conteúdo VR, sendo que o usuário final do celular é capaz de consumir um tráfego altamente exigente, como conteúdo de Ultra Alta Definição -UHD e de Realidade Virtual, estes impõem atenção a carga para a rede, pois o conteúdo associado gera grandes quantidades de tráfego sobre essa rede, proporcional à

popularidade dos serviços. Estes serviços, adicionarão e complementarão os serviços existentes, motivando a necessidade de otimizar, tendo em vista que o conteúdo de vídeo flui através do trabalho líquido e é entregue ao usuário. Como resultado [13], as redes atuais estão sendo sobrecarregadas por novos requisitos de serviço e maior quantidade de dispositivos conectados. Isso acarreta a necessidade de avanços em diversas áreas como 5G. No entanto, apesar do fato de que o 5G permite ou melhora cenários que contribuirão para um aumento significativo da carga de trabalho.

2.5 ROBÓTICA

Na última década, [14] temos visto progressos significativos no desenvolvimento da robótica, abrangendo desde algoritmos, mecânica até “hardware” e plataformas. Existem vários sistemas robóticos, como manipuladores, robôs de pernas, veículos aéreos não tripulados, carros autônomos que foram projetados para busca e resgate, exploração, entrega de pacotes, entretenimento e mais aplicações e cenários. Esses robôs estão em ascensão para demonstrar todo o seu potencial. Além disso, temos os drones, um tipo de robô aéreo, o qual cresceu absurdamente nos últimos tempos. [14] Eles integram firmemente muitas tecnologias e algoritmos, incluindo sensoriamento, percepção, mapeamento, localização, tomada de decisão, controle etc. Essa complexidade coloca muitos desafios para o design de sistemas robóticos

2.6 NANOTECNOLOGIA

Em muitas universidades [15], descobertas são frequentemente anunciadas na área médica, com o manuseio de nanopartículas, o que é particularmente relevante, num momento em que o globo foi devastado pelo COVID-19. Muitas das descobertas médicas não têm relevância para a maioria da população mundial que não pode pagar os cuidados de saúde e não pode pagar prêmios de seguro de saúde. Espera-se que as vacinas e curas COVID-19, sejam universalmente acessíveis, nesse sentido, os produtos de nanotecnologia que são baratos beneficiam muitos, portanto é importante focar em metodologias de fabricação baratas para produzir mais e universalmente produtos acessíveis.

2.7 REALIDADE AUMENTADA, VIRTUAL E MISTA

O interesse em realidade aumentada - RA e realidade virtual - RV⁵, [16] para uma variedade de aplicações aumentaram nos últimos anos e embora essas tecnologias forneçam novas formas de interagir e entender as informações, muitas vezes a experiência é limitada para uma única pessoa, como no caso da utilização da RA para a previsão de desastres meteorológicos podendo ser utilizado num ambiente colaborativo.

⁵ RV – Realidade Virtual

Na atualidade, [16] existem muitas tecnologias de visualização, como projetores, monitores ou grandes paredes de exibição etc., mas todas elas contam um certo nível de riqueza tridimensional ao visualizar dados, especialmente quando o posicionamento espacial é importante. O entendimento é melhor assimilado a partir desses dados quando visualizados com tecnologias que apresentam um nível elevado de consciência espacial. As tecnologias RA e RV tornaram-se mais acessíveis e são usadas para visualizar o mundo digital dentro da consciência espacial, a diferença entre eles é que a RA criará objetos ou hologramas posicionados no mundo dela, mas RV replica um ambiente físico no mundo virtual e permite que os usuários naveguem neste mundo virtual. Essas tecnologias também tendem a ser experiências individuais do usuário que não podem ser compartilhadas com outras. [16] A ideia seria criar um ambiente compartilhado e colaborativo que facilitará uma melhor exploração de dados. A RA é mais adequada para isso porque interage com o mundo real e como os objetos são colocados em espaço real, é mais fácil visualizar outros usuários e interagir com eles. Desta forma, com um ambiente colaborativo no HoloLens, todos os usuários podem visualizar os dados mesmo visualizados e ancorados no mesmo ponto espacial, permitindo uma discussão mais focada sobre os dados, que podem aparecer como forma de gráficos, dependendo da necessidade.

Outra visão de realidade aumentada e realidade virtual exposta [16], assevera que a realidade virtual é uma tecnologia que mistura ambientes virtuais projetados para criar imagens multissensoriais realistas para gerar uma percepção do observador em outro mundo. O usuário pode interagir com o ambiente virtual e fazer mudanças físicas nesse ambiente. Alguns sistemas de realidade virtual podem transmitir uma sensação de força mecânicas durante a interação, como mais utilizado na indústria de jogos, treinamento militar e áreas da saúde para treinamento de tarefas.

A realidade aumentada é diferente da realidade virtual, [16] pois coloca informações virtuais sobre uma imagem real, a imagem da realidade aumentada consiste na sobreposição de gráficos ou textos sobre uma exibição real e ao vivo, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um ambiente virtual.

Em outro artigo referente ao uso do HoloLens ([17], estes apresentaram a “Mixed Reality” (MR⁶) que é proposta por Steve Mann, professor da Universidade de Toronto amplamente considerado como "O Pai da Computação Vestível". A RM utiliza as tecnologias de computação gráfica e visualização para produzir objetos virtuais que não existem no mundo físico e os sobrepõe em um ambiente real através da tecnologia sensorial, exibindo assim o ambiente real junto com os objetos virtuais na mesma imagem ou espaço. Assim, os usuários podem experimentar um novo ambiente de faz de conta com a ajuda de um dispositivo de exibição. As múltiplas tecnologias de aplicação de computador de última geração englobadas em RM, incluindo visão computacional, computação

⁶ RM – Realidade Mista

gráfica, multimídia e tecnologia de rede, retratam nossos espaços e nos permitem interagir com os objetos ou imagens, que são em última análise uma forma de interação com o mundo virtual, como pode ser verificado com o uso do HoloLens.

Figura 1. HoloLens (®)



Fonte: Jing, Boxiong, Jiajie (2017).

A Realidade Mista e Aumentada [18], pode expandir as capacidades e experiências dos usuários, trazendo dados digitais diretamente para o mundo físico onde e quando são mais necessários. Os sistemas atuais se destacam no posicionamento dentro do ambiente físico, no entanto, o reconhecimento de objetos e tarefas ainda é relativamente importante. Com uma compreensão adicional do contexto físico do usuário, agentes digitais inteligentes podem auxiliar os trabalhadores em armazéns, fábricas, estufas etc. ou orientar os usuários através da conclusão de tarefas físicas. Diversos estudos foram realizados nessa área e a “deepnetwork” pode ser aplicada ao HoloLens na configuração cliente/servidor para executar a detecção de objetos 2D a partir de vídeo colorido. A detecção de objetos 3D em tempo real e a estimativa de pose foram aplicadas a uma câmera que anexada ao HoloLens fornece pose para visualização em 3D. A pesquisa apresentou um aplicativo utilizando o referido óculos para digitalizar os ambientes internos e construir varreduras interativas em 3D.

Ainda, de acordo com Knopp, et al. (2019), todo aplicativo de Realidade Aumentada (AR) depende de reconhecimento claro aos seus arredores e objetos específicos dentro do ambiente, utilizando um hardware limitado e preferencialmente portátil. O óculos de RA HoloLens está equipado com uma câmera de vídeo HD, de profundidade de tempo de voo e quatro câmeras em pé. Com eles se pode reconhecer um ambiente familiar e se localizar nesse ambiente além de projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário, se adequando a este ambiente.

No entanto, [19] diferenciar vários objetos de semelhantes ou forma, como peças intercambiáveis ou produzidas em massa, requerem uma biblioteca de terceiros para identificar informações adicionais rotuladas a essas partes. Embora existam várias bibliotecas de processamento de imagem, nos casos em que diferentes bibliotecas são necessárias para executar simultaneamente

determinadas condições, isso vai exigir uma CPU mais potente, tendo em vista processamento de imagens adicionais.

3 APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA MEDICINA

A base de dados escolhida foi a IEEE Xplore. As buscas de pesquisa foram realizadas conforme segue abaixo, de forma a auxiliar a pesquisa, utilizando citações, livros, jornais, revistas, conferências, com o auxílio de palavras chaves: “augmented reality”, “application of augmented reality in medicine” e “hololens”. Foram encontrados 178 títulos, sem informar ano de publicação ou demais informações com o objetivo de conseguir o maior número de informações para implementação da pesquisa proposta. Na fase de composição do portfólio e após a leituras dos arquivos escolhidos para comporem o presente trabalho de pesquisa, restou o total de 37 artigos.

As principais questões norteadoras da presente pesquisa, foram: a primeira, quais seriam as novas tecnologias consideradas inovadoras referentes à Realidade Aumentada? A segunda, qual tecnologia se destaca no cenário atual de realidade aumentada? A terceira, quais os desafios para a implementação da Realidade Aumentada na medicina? A quarta, quais os resultados atingidos na aplicação da Realidade Aumentada na Medicina?

Poderá ser observado diversos casos e aplicação da Realidade Aumentada na medicina, como no artigo de [20], no qual a medicina fetal tem como objetivo diagnosticar e determinar o prognóstico de anomalias congênitas como também oferecer a possibilidade de mudar o histórico natural de condições de alto risco, além das técnicas de diagnóstico pré-natal invasivos, cirurgias fetais complexas foram desenvolvidas para atingir esse objetivo. Durante o processo de aprendizagem, os cirurgiões são treinados sob a visão de um cirurgião experiente para desenvolver suas habilidades.

Os simuladores realistas e virtuais podem proporcionar maior flexibilidade e prática com base na repetição, reduzindo a curva de aprendizado de forma acentuada bem como, trazem outros benefícios que incluem não apenas a oportunidade de cometer erros sem grandes consequências clínicas, mas também de ter uma avaliação objetiva do desempenho, criando procedimentos cirúrgicos incomuns. Os simuladores permitem que os estagiários desenvolvam mais sequencialmente seu conjunto de habilidades o que não se conseguiria com um paciente real [20].

A simulação fez muito progresso, especialmente no campo cirúrgico, os simuladores baseados em realidade aumentada e realidade mista foram desenvolvidos, mas ainda são escassos considerando a cirurgia fetal. A realidade aumentada transforma objetos virtuais em imagens de vídeo realistas em tempo real, fornecendo ao cirurgião informações anatômicas específicas e métricas elaboradas e com os recentes avanços, vários sistemas foram propostos para o planejamento cirúrgico, permitindo que o

neurocirurgião seja engajado tanto com representação gráfica quanto campo cirúrgico real simultaneamente [20].

A realidade aumentada [20], é benéfica para a preparação cirúrgica e pré-operatória, fornecendo previsões de desfechos, podendo ser usada em fluxos cirúrgicos de trabalho e a decisão de qual tecnologia adotar depende do microscópio da aplicação. A tecnologia de realidade aumentada conta com o uso de dados virtuais para alterar o mundo físico ao redor do usuário, sobrepondo informações holográficas no mundo físico. O principal objetivo da pesquisa foi descrever o uso inovador da realidade aumentada para a preparação e planejamento de um procedimento cirúrgico específico, como a reparação fetoscópica de mielomeningocele⁷.

Outro trabalho de pesquisa apresentado em revista científica, [21], expõe que as tecnologias de realidade estendida digital - XR, tem sido aceitas nos diversos domínios, desde o entretenimento até a educação por razão de sua acessibilidade. As diversas modalidades de XR, produzem uma experiência imersiva que permite a visualização 3D do conteúdo sem restrições de exibição em 2D.

Ainda, [21] fornece uma visão sobre a realidade estendida digital XR em aplicações biomédicas, mostrando estudo de casos com aplicação de definições de biologia celular, dados cirúrgicos para operações no coração e outros modelos em 3D no ramo da cardiologia. As plataformas XR demonstradas, serão úteis para a formação biomédica como no treinamento médico, orientação cirúrgica e visualização de dados moleculares para melhorar a avaliação de estagiários e estudantes como também o aprendizado, precisão da operação médica e a compreensão de sistemas biológicos complexos.

A imersão em um ambiente RV proporciona aos usuários um maior senso de consciência espacial, melhorando a organização espacial e a memória. As pesquisas demonstradas em neurociência mostraram que o conteúdo fornecido usando uma plataforma RV leva a um maior engajamento emocional do que experiências planas 2D e 360, com um 27% e 17% em um estudo de 150 participantes, respectivamente. As respostas emocionais foram medidas através da identificação do olhar e dos movimentos oculares dos participantes a partir de rastreamento ocular, juntamente com um dispositivo de monitoramento biométrico para medir a resposta eletrodérmica, alterações na frequência cardíaca e métodos de codificação de comportamento. De outra forma, outro estudo explorou efeitos mais sutis como sinais visuais versus informações conceituais relacionadas ao medo e ansiedade em um ambiente de realidade virtual [21].

Os pesquisadores perceberam que pessoas com fobias eram mais sensíveis ao estímulo visual. Essas pesquisas podem ser úteis para o estudo de fobias e ansiedades foram baseadas em vestígios.

⁷ Mielomeningocele é um defeito da coluna vertebral e da medula espinhal, que acontece nas primeiras semanas de gestação.

Certas emoções estimulantes, incluindo medo e ansiedade, são mais fortes na realidade virtual - RV do que emoções não excitantes, como relaxamento e felicidade. O modelo de atribuição de percepção de presença demonstra que os usuários tomaram decisões sobre o grau de presença com base no grau de excitação que sentiam e da imersão fornecida pela realidade virtual [21].

Na neurocirurgia, [22] a aplicação verdadeiramente imersiva de Realidade Aumentada, agrupa a visualização de imagens precisamente sobrepostas, como tomografia computadorizada ou ressonância magnética em uma forma holográfica interativa 3D sobre o paciente. O rastreamento ativo dos instrumentos e dos implantes fornece um “feedback” em tempo real sobre sua localização física; além de informações relevantes adicionais, como sinais vitais ou notas pré-operatórias e canais de imagens, que podem ser convenientemente exibidas na frente do cirurgião. A realidade aumentada também pode ser citada como realidade mista e atualmente, informações semelhantes podem ser entendidas com o uso da tecnologia moderna que está disponível na sala de cirurgia, como na ressonância magnética e tomografia intraoperatória.

O estudo realizado fornece uma demonstração de trabalho na aplicação da realidade aumentada no cenário da cirurgia da coluna vertebral, onde há uma projeção holográfica 3D visível por meio de óculos AR, podendo ser visualizado como uma nota técnica ou uma substituição para os métodos padronizados para instrumentação do pedículo⁸. O cadáver foi scaneado e as imagens foram usadas para criar uma imagem 3D para a reconstrução da coluna. Com o uso do “software” é possível planejar projeções estendidas em cada plano antes do laboratório, marcando as incisões cutâneas na imagem visualizada por meio do óculo HoloLens [22]

Outra pesquisa na área médica, com o uso de Ultrassom, [23] é uma modalidade de imagem médica que é extremamente difícil de aprender, pois depende do usuário, tem baixa qualidade de imagem e requer muito conhecimento sobre física e anatomia humana. Foi proposto um simulador de ultrassom de Realidade Aumentada para treinamento, onde uma determinada região é simulada a partir de um volume de tomografia computadorizada. A localização dessa região dentro do corpo é visualizada usando técnicas, como também foram propostos métodos avançados de como usar um simulador de realidade virtual para treinamento.

Existem atualmente muitas implementações da realidade aumentada, que [24] são de grande importância para a navegação durante intervenções percutâneas baseadas em agulhas, existindo por exemplo, as trajetórias virtuais de agulha 3D que podem ser utilizadas em pacientes no intuito de auxiliar na colocação e posicionamento de sondas de ablação⁹.

⁸ Pedículo - parte delgada que sustenta um órgão ou parte de um órgão.

⁹ Ablação - É o procedimento de escolha para o tratamento de algumas arritmias cardíacas sem a necessidade de abertura do tórax.

A realidade aumentada tem auxiliado no sentido de reduzir o tempo de procedimento, número de imagens adquiridas e dose de radiação durante intervenções ósseas simuladas. De forma semelhante, a navegação de fusão com rastreamento eletromagnético foi comprovada em um ensaio controlado randomizado para reduzir a radiação, o número de tomografias, o tempo e o número de manipulações de agulhas em biópsias hepáticas [24].

Além das simulações [24], os dispositivos de realidade aumentada, esses permitem a capacidade de compartilhar ambientes para experiências colaborativas com outros usuários e as plataformas interativas existentes permitem que os eletrônicos remotos projetem anotações ao vivo na exibição da RA de outro operador, oferecendo assistência remota de instrução em tempo real.

Outra abordagem apresentada é [25] quanto a telemedicina, seus benefícios e o quanto pode facilitar o trabalho para os médicos, reduzindo o tempo de desgaste da família até ao hospital e permitindo um trabalho em diversas áreas em diferentes locais. Além dos benefícios clínicos há também benefícios para o atendimento médico hospitalar. Existem limitações para essa mudança na prática, incluindo a necessidade de repetição de consultas se um atendimento não for o suficiente ou adequado e isso também poderia causar a desigualdade entre famílias vulneráveis. Tendo em vista o aumento do uso da telemedicina é importante que os médicos desenvolvam consultas eficazes.

Existem novas técnicas [26] usadas para gerar a realidade física e interfaces 3D virtuais as quais permitem a interação do ser humano e a máquina mediante o uso de controladores remotos com novos dispositivos como óculos Rift, óculos VR, Irvine, CA e HoloLens. Acredita-se que essas novas técnicas digitais que surgiram terão um amplo impacto na assistência à saúde nas próximas décadas, em especial para fins cirúrgicos em que a visualização específica e nítida são uma necessidade.

Ainda, com o fluxo crescente de popularidade das tecnologias de realidade aumentada a sua aplicação tem aumentado e uma máquina proeminente é o Microsoft HoloLens, o qual é um dispositivo que tem sido alvo do interesse de pesquisadores, tendo em vista a sua capacidade de mapear, localizar a sala em que está. Essa localização e mapeamentos simultâneos são muito importantes para a realidade aumentada pois fornece alicerces espaciais e marcos para manter o conteúdo gerado pelo computador, pois a incapacidade de mapear espacialmente a sala faz com que o conteúdo virtual trem ou se mova. O HoloLens utiliza mapeamento espacial para identificar superfícies planas, como tabelas e paredes como um método de ancoragem de hologramas para ficar num mesmo local na sala e com uma posição inferior ao ambiente ao redor, os usuários podem colocar hologramas interativamente com o mundo real, como em uma cadeira, piso ou parede e esperar que o objeto virtual fique relativamente no mesmo lugar [2].

Outro estudo relacionado à realidade aumentada aplicada na medicina, [27], o qual dispõe que apesar das inovações técnicas e tecnológicas, a punção percutânea ainda representa o passo mais

desafiador, essa manobra é caracterizada pela curva de aprendizado mais íngreme e um risco de danos ao redor de órgãos e danos renais, com isso é importante estudar a viabilidade da realidade mista tridimensional 3D e hologramas no estabelecimento do ponto de acesso e orientando a agulha durante a punção percutânea.

A partir disso, foi realizado um estudo prospectivo incluiu dez pacientes submetidos à cirurgia intrarrenal combinada 3D MR para pedras nos rins de julho de 2019 a janeiro de 2020, com uma série retrospectiva de pacientes submetidos a um procedimento de extensão foram selecionados para análise. Esse procedimento cirúrgico, indicado para pacientes submetidos ao 3D MR, com os hologramas foram sobrepostos na verdadeira anatomia para orientar o cirurgião durante a punção percutânea, em outro grupo padrão, os procedimentos foram orientados apenas por ultrassom e fluoroscopia [27].

Com o referido estudo foi possível verificar as diferenças nas características do paciente pré-operatório e pós-operatório, entre os grupos foram examinadas várias variáveis respectivamente e os resultados e limitações dos dez pacientes que foram submetidos ao 3D, o resultado saiu como o planejado usando o holograma sobreposto e houve uma correta perfuração, demonstrando a importância da realidade aumentada e mista em diversas áreas da medicina, como os modelos virtuais tridimensionais visualizados em hologramas e sobrepostos na anatomia real do paciente que parecem ser uma nova ferramenta válida para guiar a punção do rim através da pele para tratamento minimamente invasivo [27].

No campo da cirurgia craniofacial, que tem como área operacional o crânio e a mandíbula, [28] é exposto que a anatomia da região maxilofacial é complexa e existem muitos nervos importantes, vasos sanguíneos cruzando tecidos e para manter o equilíbrio dos resultados funcionais há a necessidade de incisão cirúrgica em uma pequena área ou fio estreito. Os cirurgiões precisam realizar muitos procedimentos com imagens de tomografia computadorizada, o que é extremamente difícil e dificultoso para garantir a precisão da cirurgia. A realidade aumentada é o ponto crucial para as pesquisas nesse campo e com o avanço da tecnologia e combinação da realidade virtual, do “display” tridimensional e interação em tempo real, possibilitam exibir o pré-operatório na área operacional, o que aumenta a percepção do cirurgião para evitar prejudicar as estruturas anatômicas vitais [28].

Na área da cirurgia hepática, [29], o desenvolvimento da tecnologia de imagem digital teve grande influência na cirurgia hepática, a capacidade de obter uma visualização tridimensional da anatomia hepática forneceu uma cirurgia com realidade virtual e mais recentemente de hologramas de realidade aumentada. Além disso, a utilização de técnicas de imagem fluorescente em tempo real é baseada na absorção de indocianina, que permite aos médicos delinear precisamente a anatomia hepática aplicando os conhecimentos obtidos no pré-operatório por imagem digital.

Outra pesquisa na área da medicina, [30] explora o uso de realidade virtual, específica de cada paciente e modelos de osso temporal de realidade mista tanto no ensino anatômico, como planejamento cirúrgico pré-operatório e referenciamento cirúrgico intraoperatório. Os modelos de osso temporal de realidade mista e realidade virtual foram criados e visualizados em “display”, montado na cabeça e fone de ouvido, respectivamente, por um novo¹⁰ “web service” que possibilita aos usuários converter tomografia computadorizada de imagens para imagens de realidade mista e realidade virtual sem conhecimento específico do programa. No estudo realizado, foram convidados a participar, onze estagiários e especialistas em otorrinolaringologia os quais manipularam o modelo saudável de osso temporal e avaliaram sua validade preenchendo um questionário. A maioria dos participantes foi favorável ao modelo de realidade virtual e considerou como superior a uma tela de computador plana. Além disso, o modelo patológico de realidade virtual foi utilizado para o planejamento e compartilhamento da abordagem cirúrgica durante uma conferência cirúrgica pré-operatória, onde o fone de ouvido foi utilizado no intraoperatório para esclarecer a relação entre a lesão patológica e as estruturas anatômicas vitais.

Independentemente do nível de treinamento dos participantes em otorrinolaringologia ou sua experiência em realidade virtual, todos os participantes concordaram que o modelo de osso temporal é benéfico para a educação anatômica e que a criação de modelos de realidade virtual e realidade mista específicos para o paciente e utilizando o webservice e seus usos pré e intraoperatórios indicaram um potencial de melhora e inovação em todo o procedimento cirúrgico [30].

É sabido que o rápido desenvolvimento na área da computação permitiu que as tecnologias da realidade aumentada alcançassem níveis elevados e removesses barreiras de longa data da área médica. As telas acopladas à cabeça ficaram leves para serem utilizadas por um longo período e os “displays” permitem que o usuário permaneça em seu ambiente ao interagir com o conteúdo digital. O poder do processamento possibilitou que os “displays” acompanhassem a percepção humana evitando enjoo do movimento e aplicando os novos conhecimentos na medicina cardiovascular [31].

Em outro estudo observacional [32], vinte e sete pacientes foram submetidos à colecistectomia laparoscópica, sendo 09 pacientes foram submetidos à colecistectomia laparoscópica com modelos 3D gerados por um dispositivo de realidade mista e 18 pacientes foram submetidos à colecistectomia convencional com imagens bidimensionais como imagens de suporte cirúrgico. Nessa análise foram levados em conta o tempo de cirurgia, perda de sangue e complicações operatórias, observando que as cirurgias foram realizadas por um cirurgião experiente. Os tempos operacionais da colecistectomia laparoscópica com modelos tridimensionais e imagens bidimensionais foram de 74,0 e 58,0 minutos,

¹⁰ Web service - é utilizado para transferir dados através de protocolos de comunicação para diferentes plataformas, independentemente das linguagens de programação utilizadas nessas plataformas.

respectivamente, não havendo perda de sangue intraoperatória ou complicações perioperatórias. Embora o cirurgião tenha indicado que a colecistectomia laparoscópica com modelos tridimensionais seria normal em comparação com imagens bidimensionais em todos os casos, o cirurgião experiente classificou os modelos tridimensionais como mais difíceis, fornecendo evidências de que a colecistectomia laparoscópica com modelos tridimensionais é viável.

Ainda podemos observar mais estudos no sentido de explorar o papel das tecnologias emergentes de simulação na formação craniofacial de estudantes e residentes na melhoria de seus conhecimentos e habilidades cirúrgicas. Essas tecnologias incluem bi modelos impressos em 3D, realidade virtual e aumentada, uso de “Google glass” e HoloLens, jogos sérios e jogos de fuga e como eles podem ser implementados em países de baixa e média renda. Os métodos de treinamento cirúrgico craniofacial provavelmente passarão por uma grande mudança nos próximos anos, com a integração dessas novas tecnologias no currículo cirúrgico, permitindo melhor aprendizado em um ambiente seguro com um paciente virtual, por meio de exercícios repetitivos. Futuramente haverá a possibilidade de realizar avaliações para realizar procedimentos específicos sem colocar o paciente em risco. No entanto, apesar dessas novas tecnologias serem recebidas com entusiasmo pelos jovens cirurgiões, elas apenas devem ser usadas como uma adição ao currículo real e não como um substituto às ferramentas convencionais [33].

[34] descrevem o mais recente progresso no desenvolvimento da estação de operadores virtuais para robôs, tendo como objetivo criar uma maneira de controlar um robô móvel equipado com câmeras e utilizando uma realidade virtual montada na cabeça com um dispositivo, sendo que após o lançamento do fone de ouvido de realidade aumentada, o Microsoft HoloLens, a ideia de uma estação de operadora virtual foi adaptada para realidade aumentada ao invés de realidade virtual, trazendo mais vantagens e soluções.

Como novidade temos também a implementação do HoloFace para maior interação entre humanos com o HoloLens, que de acordo com [35], introduziria uma estrutura de código aberto que permite aos desenvolvedores de realidade aumentada, localizarem rostos humanos em 3D e estimarem seus atributos, o que pode ser usado para aumentar a interação entre o usuário do fone de ouvido e outras pessoas. Os rostos vistos pelo usuário com modelos 3D de personagens de jogos podem ser aumentados e até na medicina o HoloFace pode ser combinado com reconhecimento facial mostrando rapidamente por exemplo, as informações de cada paciente.

A realidade aumentada também está sendo implementada na medicina animal, segundo [36], os veterinários utilizam a tomografia computadorizada para verificar as reais condições do esqueleto e ossos internos do animal como também órgãos vitais. Com a pesquisa realizada foi possível desenvolver um sistema operacional de realidade aumentada que permite ao cirurgião verificar os

resultados da tomografia computadorizada em três dimensões no campo da visão; o esqueleto e os órgãos internos do animal paciente obtidos a partir da tomografia computadorizada são exibidos como objetos 3D no HoloLens 2, criando uma visão transparente do corpo interno do animal. Isso permite que o usuário enxergue a área afetada em três dimensões ao planejamento do procedimento cirúrgico.

Principais questões / Descobertas
Quais são as novas tecnologias consideradas inovadoras referentes à realidade aumentada? A realidade virtual e a realidade aumentada se apresentam como novas tecnologias, a realidade aumentada é diferente da realidade virtual, pois coloca informações virtuais sobre uma imagem real, a imagem da realidade aumentada consiste na sobreposição de gráficos ou textos sobre uma exibição real e ao vivo, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um ambiente virtual, como nos jogos virtuais (MAHMOOD, et al, 2018, p. 1).
Qual tecnologia se destaca no cenário atual de Realidade Virtual? No cenário da evolução tecnológica com ênfase na área médica, destacamos a utilização do HoloLens, Ainda, de acordo com Knopp, et al. (2019), todo aplicativo de Realidade Aumentada (AR) depende de reconhecimento claro aos seus arredores e objetos específicos dentro do ambiente, utilizando um hardware limitado e preferencialmente portátil. O óculos de RA HoloLens está equipado com uma câmera de vídeo HD, de profundidade de tempo de voo e quatro câmeras em pé. Com eles se pode reconhecer um ambiente familiar e se localizar nesse ambiente além de projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário, se adequando a este ambiente. A utilização do HoloLens na área médica traz avanços expressivos.
Quais os desafios para implementação da Realidade Aumentada na medicina? A área médica já evoluiu extraordinariamente e ainda está implementando a utilização da realidade aumentada e pesquisas estão sendo realizadas no sentido de contribuir para o aprendizado e sua propagação. Além disso, há desafios a serem enfrentados como a necessidade de treinamento de médicos e estagiários, incluir determinadas disciplinas ligadas à realidade virtual e realidade aumentada nos currículos universitários, proporcionando melhor capacitação dos futuros profissionais.
Quais os resultados atingidos na aplicação da Realidade Aumentada na Medicina? Os resultados das pesquisas abordadas no presente artigo, demonstram que há contribuições nas mais diversas áreas da aplicação da realidade aumentada na medicina,

A pesquisa aborda as novas tecnologias que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para a sociedade, contribuindo para a construção de conhecimento. Na área médica, destaca-se a utilização do HoloLens (®), que utiliza a Realidade Aumentada para reconhecer um ambiente familiar e projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário. As pesquisas demonstram que a Realidade Aumentada tem contribuído significativamente nas mais diversas áreas da aplicação da medicina, tanto com humanos como com animais, mas ainda há desafios a serem enfrentados, como a necessidade de treinamento dos profissionais de saúde e a inclusão de disciplinas ligadas à Realidade Virtual e Realidade Aumentada nos currículos universitários. O artigo conclui que a tecnologia está em constante crescimento e que ainda teremos grandes mudanças nas áreas de aplicação da Realidade Aumentada na medicina.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo abordou inicialmente o tema Novas Tecnologias como o Metaverso que gradativamente trouxe novos e incríveis formatos de tecnologias [1] que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para sociedade, oferecendo e acrescentando a construção de conhecimento. Ainda, foi abordado o 5G, Nanotecnologia, IoT, Robótica, Inteligência Artificial, realidade virtual e a realidade aumentada e mista, que se apresentam como novas tecnologias e a realidade aumentada difere da realidade virtual, pois coloca informações virtuais sobre uma imagem real, a imagem da realidade aumentada consiste na sobreposição de gráficos ou textos sobre uma exibição real e ao vivo, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um ambiente virtual, como nos jogos virtuais [17].

No cenário da evolução tecnológica com ênfase na área médica, destacamos a utilização do HoloLens, pois [19] todo aplicativo de Realidade Aumentada (AR) depende de reconhecimento claro aos seus arredores e objetos específicos dentro do ambiente, utilizando um hardware limitado e preferencialmente portátil. O óculos de RA HoloLens está equipado com uma câmera de vídeo HD, de profundidade de tempo de voo e quatro câmeras em pé e com eles se pode reconhecer um ambiente familiar e se localizar nesse ambiente além de projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário, se adequando a este ambiente. A utilização do HoloLens na área médica traz avanços expressivos de acordo com as diversas pesquisas relatadas.

Foram apresentados os desafios da realidade aumentada na área médica, a qual já evoluiu extraordinariamente e ainda está sendo implementada com a utilização da realidade aumentada, sendo que pesquisas estão sendo realizadas no sentido de contribuir para o aprendizado e sua propagação. Além disso, há desafios a serem enfrentados como a necessidade de treinamento de médicos e estagiários, incluir determinadas disciplinas ligadas à realidade virtual e realidade aumentada nos

currículos universitários, proporcionando melhor capacitação dos futuros profissionais, bem como nas cirurgias, equipar cirurgiões com visão aumentada para que possibilite ver melhor e sob vários ângulos o local da cirurgia, tornando-a minimamente invasiva e reduzindo a quantidade de trauma que um paciente experimenta.

Os resultados das pesquisas abordadas no presente artigo, demonstram que há contribuições significativas nas mais diversas áreas da aplicação da realidade aumentada na medicina, tanto com humanos como com animais e que ainda teremos grandes mudanças, assim como na área tecnológica que está em constante crescimento.

REFERENCIAS

Malbos, a.n.a. et al. Aplicação da realidade aumentada para simulação de experimentos físicos em dispositivos móveis. Universidade federal de santa catarina. Araranguá, 2014, p. 01.

Nguyen, nhu q., et al. An augmented reality system characterization of placement accuracy in neurosurgery. *Journal of clinical neuroscience*, 72 (2020) 392-396, p. 1-5.

Gil, a. C. Como elaborar projetos de pesquisa. Atlas, 2010, p. 16-17.

Schlemmer, eliane e marson, fernando. Immersive learning: metaversos e jogos digitais na educação. Iberian conference on information systems and technologies (cisti). Brasil, 2013, p. 2.

Schlemmer, eliane e backes, luciana. Metaversos: novos espaços para construção do conhecimento. *Rev. Diálogo educ.* [online]. 2008, vol.08, n.24, p.519-532. Issn 1981-416x.

Pereira, itamar de carvalho. Metaverso: interação e comunicação em mundos virtuais. Dissertação para obtenção do grau de mestre, universidade de brasília. Distrito federal, 2009, p. 10, 13 e 76.

Mozumder, ariful islam, et al. Overview: technology roadmap of the future trend os metaverse based on iot, blockchain, ai technique, and medical domain metaverse activity. South korea, 2022. Isbn 979-11-88428-09-0.

Lee, seo-hyun, lee, yong eun e lee, whan seong. Toward imagined speech bsd smart communication system: potential applications on metaverse conditions. International winter conference on brain-computer interface (bci). Republic of korea, 2022, p.1. Doi:10.1109/bci53720.2022.9734827.

Getchell, kristoffer. Metaverses as a platform for game based learning. International conference on advanced information networking and applications. 2010, p.1, doi 10.1109/aina.2010.125.

Fang, zhixin; cai, libai e wang, gang. Metahuman creator: the starting point of the metaverse. International symposium on computer technology and information science (iscitis). China, 2021, p. 1-2. Doi: 10.1109 / isctis51085.2021.00040.

Manjarrés, ângeles, et al. Artificial intelligence for fair, just, and equitable word. Special issue introduction. *Ieee technology and society magazine*, 16 march, 2021.

Shi, yulong; zhang, yang; chen, juliang. Cross-layer qos enable sdn-like publish/subscribe communication infrastructure for iot. *Laboratory of networks & security technology*. China, march, 2020.

Santos, david; et al. Follow the user: a framework for dynamically placing content using 5g – enablers. *Access journal*, january 14, 2021. Digital object identifier 10.1109/access, 2021. 3051570. Portugal.

Wan, zishen; et al. A survey of fpga – based robotic computing. *Ieee circuits and systems magazine*, 2021, vol.21.

Bandyopadhyay, supriejo. The many facets of nanotechnology. *Magazine*, 2020, vol. 14. Digital object identifier: 10.1109/mnano.2020.2993791.

Chusethagarn, dawit; visoottiviseth, vasaca; haga, jason. A prototype of collaborative augmented reality environment for hololens. Japan, 2018, p. 1-2.

Mahmood, faraz, et al. Augmented reality and ultrasound education: initial experience. Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia 32, 2018, 1363-1367, p. 1-5.

Wu, zeqn, zhao, tianhao, nguyen, chuong. 3d reconstruction and object detection for hololens. Digital image computing: techniques and applications. Austrália, 2020, p. 1-3. Doi 10.1109/dicta51227.2020.9363378.

Knopp, sebastian, et al. Hololens ar – using vuforia-based marker tracking together with text recognition in an assembly scenario. International symposium on mixed and augmented reality adjunct (ismar – adjunct). Alemanha, 2019, p.1-5. Doi 10.1109/ismar-adjunct.2019.00030.

Coelho, gisele, et al. The potential applications of augmented reality in endoscopic surgery for antenatal treatment of myelomeningocele. World neurosurgery 159: 27-32, march 2022. Estados unidos, 2022, p. 2 – 3.

Venkatesan, mythreye, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications. Cell reports medicine 2, 100348, july 20, 2021, p.

Urakov, timur m., wang, michael y., levi, allan d. Workflow caveats in augmented reality – assisted pedicle instrumentation: cadaver lab. World neurosurg (2019) 126 e 1449 e 1455. 25 february, 2019.

Blum, tobias, et al. Advance training methods using an augmented reality ultrasound simulator. Alemanha, 2022, p. 1-2.

Park, brian, et al. Augmented and mixed reality: technologies for enhancing the future of ir. J. Vas. Interv. Radiol 2020; 31:1074-1082, p. 1-9.

Macwilliam, jessica, hennessey, iain, cleary, gavin. Telemedicine: improving clinical care and medical education in paediatrics. Paediatrics and child health, 31:10; 2021, p. 1-9.

Sadeghi, amir h., et al. Current and future applications of virtual, augmented, and mixed reality in cardiothoracic surgery. Ann thorac surg 2022, 113:681-91, by the society of thoracic surgeons, p. 1-11.

Porpiglia, francesco, et al. Percutaneous kidney puncture with three-dimensional mixed-reality hologram guidance: from preoperative planning to intraoperative navigation. Journal european urology 81 (2022) 588-597, p. 1-10.

Gao, yeon, et al. A feasibility study of a new method to enhance the augmented reality navigation effect in mandibular angle split osteotomy. Journal of cranio-maxillo-facial surgery 47 (2019) 1242-1248, p. 1 – 7.

Gravriilidis, paschalis, et al. Navigated liver surgery: state of the art and future perspectives. Hepatobiliary & pancreatic diseases international. 21 (2022) 226 - 233, p. 1 – 8.

Yamazaki, ayame, et al. Patient – specific virtual and mixed reality for immersive, experimental anatomy education and for surgical planning in temporal bone surgery. Auris nasus larynx 48 (2021) 1081 – 1091, p. 1 – 11.

Silva, jennifer n.a., et al. Emerging applications os virtual reality in cardiovascular medicine. Published by elsevier on behalf of he american college of cardiology foundation, vol. 3, no. 3, 2018, p. 1 – 11.

Kitagawa, michiko, et al. Intoperative holography navigation using a mixed-reality wearable computer during laparoscopic cholecystectomy. Published by elsevier: surgery 171 (2022) 1066 – 1013, p. 1 – 8.

Mehrotra, divya; markus, a.f. emerging simulation technologies in global craniofacial surgical training. Published by elsevier: journal of oral biology and craniofacial research 11 (2021) 486 - 499, p. 1 – 14.

Kot, tomás; novak, petr; bajak, jan. Using hololens to create a virtual operator station for mobile robots. República checa, 2018, p. 1-6.

Kowalski, marick, et al. Holoface: augmenting human-to-human interactions on hololens. Winter conference on applications of computer vision. Poland, 2018, p. 1-9.

Schimada, amiko; kurihara, kazutaka; tsujii, takaaki. Prototype of on augmented reality system to support animal surgery using hololens 2. Japão, 2022, p. 13. Doi: 10.109.

Jing, huang, boxiong, yang, jiajie, chen. Non-contact measurement method research based on hololens. International conference on virtual reality and visualizatio.china, 2017, p. 1 – 3. Doi 10.1109/icvrv.2017.00061.