



**ESCOLA BAHIANA DE MEDICINA E SAÚDE PÚBLICA
CURSO DE MEDICINA**

LUIZ GUSTAVO COSTA PINTO

**USO DE REALIDADE VIRTUAL PARA SIMULAÇÕES REALÍSTICAS COMO
FERRAMENTA PARA A FORMAÇÃO DE MÉDICOS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA**

**SALVADOR – BA
2023**

LUIZ GUSTAVO COSTA PINTO

**USO DE REALIDADE VIRTUAL PARA SIMULAÇÕES REALÍSTICAS COMO
FERRAMENTA PARA A FORMAÇÃO DE MÉDICOS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Medicina da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública como requisito para aprovação no 4º ano do curso de Medicina.

Orientadora: Ana Claudia Costa Carneiro

SALVADOR – BA

2023

RESUMO

Introdução: A busca por otimizar o aprendizado e a aplicabilidade dos conhecimentos tem promovido o emprego de metodologias de ensino ativo. Um dos recursos utilizados é o Ensino Baseado em Simulações (EBS), que visa substituir procedimentos reais por modelos simulados que proporcionem um ambiente experimental. O evento da pandemia do COVID-19 comprometeu a continuidade normal das práticas de simulação pelas instituições de. Nessa perspectiva, surge espaço para a aplicação de tecnologias pioneiras para métodos de ensino ativo, a exemplo da realidade virtual, que permite a imersão mental possibilitando o treinamento de habilidades práticas médicas. **Objetivos:** Comparar a eficiência do uso da realidade virtual na formação dos médicos em relação a metodologias tradicionais, bem como compreender a perspectiva dos usuários sobre o aprendizado mediante uso da estratégia de simulação por realidade virtual. **Metodologia:** O estudo utilizou o protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis - PRISMA como guia para a construção. Os artigos foram selecionados a partir da busca na plataforma MEDLINE/PubMed, sendo analisados ensaios randomizados em inglês, português e espanhol relacionados à temática abordada publicados entre 2020 a 2023. Após a triagem, os dados coletados foram organizados em tabelas para embasamento da análise narrativa. Os estudos inclusos foram avaliados quanto ao risco de viés através da ferramenta RoB 2.0 (*Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials*). **Resultados:** 138 artigos foram identificados. Após a triagem 7 deles foram incluídos na revisão. Os estudos aplicaram a tecnologia de realidade virtual no treinamento de estudantes ou médicos em cenários diversos, apresentando de modo geral uma comparação entre os grupos controle que usaram metodologias de ensino tradicionais com os grupos intervenção em uso de instrumentos de realidade virtual. 4 estudos apontaram melhora em habilidades processuais, 5 descreveram sobre a variável tempo, sendo que 3 demonstraram redução do tempo ou aumento da rapidez, enquanto 2 não tiveram relevância estatística para comprovar resultado. **Conclusão:** O uso de ferramentas de realidade virtual apresentou caráter de superioridade ou não inferioridade quanto à melhora nas habilidades processuais, tempo e taxas de sucesso dos procedimentos.

Palavras-chave: simulação realística, ensino médico, realidade virtual.

ABSTRACT

Introduction: The search for optimizing learning and the applicability of knowledge has promoted the use of active teaching methodologies. One of the resources used is Simulation-Based Teaching (EBS), which aims to replace real procedures with simulated models that provide an experimental environment. The COVID-19 pandemic event compromised the normal continuity of simulation practices by institutions. From this perspective, there is room for the application of pioneering technologies for active teaching methods, such as virtual reality, which allows mental immersion, enabling the training of practical medical skills. **Objectives:** Compare the efficiency of using virtual reality in the training of doctors in relation to traditional methodologies, as well as understanding the users perspective on learning through the use of the virtual reality simulation strategy. **Methodology:** The study used the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis - PRISMA protocol as a guide for construction. The articles were selected from a search on the MEDLINE/PubMed platform, analyzing randomized trials in English, Portuguese and Spanish related to the topic covered, published between 2020 and 2023. After screening, the collected data were organized into tables to support the narrative analysis. . The included studies were assessed for risk of bias using the RoB 2.0 tool (Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials). **Results:** 138 articles were identified. After screening, 7 of them were included in the review. The studies applied virtual reality technology to train students or doctors in different scenarios, generally presenting a comparison between control groups that used traditional teaching methodologies with intervention groups using virtual reality instruments. 4 studies showed an improvement in procedural skills, 5 were skeptical about the time variable, with 3 demonstrating a reduction in time or an increase in speed, while 2 were not statistically relevant to prove the result. **Conclusion:** The use of virtual reality tools showed superiority or non-inferiority in terms of improvement in procedural skills, time and success rates of procedures.

Keywords: realistic simulation, medical teaching, virtual reality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo primário:	7
2.2. Objetivo secundário	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
4. METODOLOGIA	12
4.1. Desenho do estudo	12
4.2. Estratégia de busca	12
4.3. Critérios de inclusão e de exclusão	12
4.4. Identificação e seleção dos estudos	13
4.5. Extração dos dados	13
4.6. Avaliação do risco de viés	13
4.7. Aspectos éticos	13
5. RESULTADOS	15
5.1. Elegibilidade	15
5.2. Intervenções	21
5.3. Principais desfechos	21
5.4. Risco de viés	23
6. DISCUSSÃO	24
7. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Anteriormente o cenário da educação nas instituições de ensino era traçado, em sua maior parte, em estratégias educativas que do modo corriqueiro promoviam uma redução do processo de ensino como simplesmente a transmissão de conhecimento por quem o domina para o discente que, de forma passiva, tinha só o papel de retê-lo. No entanto, essa estratégia com o tempo não tem se mostrado como a melhor opção a ser seguida, visto que através delas a fixação do conteúdo não é tão eficaz(1).

O avanço das metodologias de ensino tem mostrado de modo evidente que aderir as novas técnicas de transmissão dos saberes e de aprendizagem é necessário para galgar melhor êxito na aprendizagem, otimizar a aquisição de conhecimentos pelos estudantes, além de desenvolver competências que só são adquiridas através das atividades práticas (2). Dessa maneira, as instituições de ensino mais modernas têm adotado métodos que, pelo caráter ativo, facilitam o alcance tanto de conhecimento como de habilidades pelo aluno, a exemplo das simulações realísticas (SR) (3).

O Ensino Baseado em Simulações (EBS) é um processo de aprendizado que, em um ambiente experimental, substitui os procedimentos reais por modelos simulados através de atores e instrumentos artificiais e virtuais, por exemplo. Essa técnica abre espaço para a evolução da busca por uma sistematização do conhecimento visando maior efetividade na sua aplicação prática, comunicação, quando em cenários clínicos, além de possibilitar o erro de forma segura para o profissional em desenvolvimento através da experimentação (4). Dessa maneira, além de pôr em prática o estudo prévio realizado, o EBS proporciona ao estudante o desenvolvimento de autonomia e autoconhecimento mediante a exposição a situações desafiantes e assegura a proteção e o cuidado do paciente. Ademais, segundo Gaba, 2007, “a experiência mostra que os participantes das simulações imersivas suspendem facilmente a descrença, falam e agem como fariam em seus empregos reais”, demonstrando, assim, que o papel desse método se mostra efetivo na prática. (3,5).

Diante da conjuntura contemporânea, além do uso de novas estratégias de ensino, entra em pauta a utilização de diferentes meios para que essas metodologias ativas sejam postas em prática, em razão tanto do aumento de alternativas de aplicação, como da necessidade de facilitar o acesso delas aos mais diferentes contextos, a exemplo do período da pandemia do COVID, quando os espaços das instituições de ensino não estavam disponíveis para as atividades acadêmicas (6). Nesse contexto, as simulações usadas na formação acadêmica do médico, que antes eram presenciais, tiveram que ser adaptadas aos novos métodos que possibilitaram a continuidade das aulas, como o uso de plataformas de reunião virtual, como Zoom e Google Meet.

Nessa perspectiva, novos espaços são abertos para a aplicação de tecnologias pioneiras, a exemplo das simulações por realidade virtual, que permitem a imersão mental, através do uso de imagem tridimensional em uma tela, imersão física, por meio do uso de instrumentos periféricos sofisticados como capacetes estereoscópicos e datagloves, que dão a impressão de se ter passado através do espelho da tela, navegação, que é a capacidade de se mover e de se encontrar no universo virtual e Interação, que é a possibilidade de interagir com a imagem e manipulá-la como se fosse matéria(7). Tais métodos têm sido utilizados no treinamento de habilidade médicas que requerem a habilidade tátil do profissional, a exemplo da realização de exames e procedimentos cirúrgicos, a fim de facilitar a vivência através de ambientes controlados, seguros e que muitas vezes já realizam uma avaliação, fazendo com que suas imperfeições sejam reconhecidas e corrigidas de maneira efetiva (8).

Diante dessa perspectiva, surge como questionamento a forma como a utilização de simulações através de estratégias de realidade virtual contribuem no processo de aprendizagem dos profissionais de medicina, de modo que esclareça e direcione as instituições de ensino na tomada de decisão quanto ao uso dessas vias educacionais. Dessa maneira, justifica-se esse estudo mediante a importância de conhecer se há ou não implicações no processo de aprendizagem e na segurança dos discentes através do uso de instrumentos de realidade virtual como estratégia formativa.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo primário:

Comparar a eficiência do uso da realidade virtual na formação dos médicos em relação a metodologias tradicionais.

2.2. Objetivo secundário

Compreender a perspectiva dos usuários sobre o aprendizado mediante uso da estratégia de simulação por realidade virtual.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

As práticas pedagógicas tradicionais usadas pelas instituições de ensino tinham um caráter majoritariamente conservador e tradicional, pautado em reprodução do conhecimento (1). Esse tipo de metodologia tem perpetuado o paradigma newtoniano-cartesiano na educação ao longo do tempo, promovendo a fragmentação de todo processo educativo, inclusive da relação entre o professor e o aluno, cenário comumente vivenciado em muitos ambientes acadêmicos, por exemplo, quando o professor explica o conteúdo no quadro acompanhado do silêncio dos alunos, que trivialmente permanecem passivos no processo. Nesse parâmetro, há o estímulo a uma relação mecânica dos estudantes frente a seus estudos, provocando uma busca pelo conhecimento baseada em escutar, ler, decorar e repetir, como também há a repartição do conhecimento em diversas áreas, perpetuando o paradigma newtoniano-cartesiano no ambiente educacional (9).

Atualmente, a discussão sobre modelos mais atualizados de ensino que proporcionem um ambiente integrativo e estimulante na busca de novos aprendizados tem se tornado cada vez mais comum. Nesse contexto, os programas de ensino estão progressivamente mais paramentadas quanto a novas estratégias que permitam um maior crescimento dos aprendizes, tendo em vista que o cenário contemporâneo de mercado de trabalho tem sido mais exigente quanto a profissionais que não só possuam conhecimento técnico, mas também habilidades e competências transversais, como proatividade, capacidade de gerenciamento e autodidatismo (2).

Contraopondo o ensino com abordagem mecânica, comum à metodologia tradicional mais frequente no passado, tem sido crescente a demanda por métodos inovadores que sejam mais eficientes do que simplesmente o treinamento teórico e técnico. Dessa maneira, progressivamente as instituições de ensino têm buscado ultrapassar essa capacitação puramente técnica em detrimento de uma formação mais integral e efetiva. Para isso, os currículos estão mais munidos de métodos baseados em resultados e competências, enfatizando também a aquisição de habilidades e atitudes. Então, de maneira mais prática, tem ocorrido uma redução na quantidade de conteúdos factuais associado a uma maior integração das disciplinas (3).

Os novos planos de ensino propõem um processo de continuidade, em que, através dele, há o estímulo a aplicação do conhecimento teórico adquirido previamente, de modo que o aprofundamento do assunto ocorra sobre estruturas cognitivas já existentes. Além disso, há um fomento a um processo de ruptura, ou seja, que o estudante seja exposto a condições desafiadoras. Nesse contexto, espera-se que o aluno realize uma análise crítica da experiência, levando o aprendiz a transpor conceitos prévios, tais como medos, inseguranças e possíveis erros conceituais obtidos no processo de aprendizagem (1).

Nesse parâmetro, uma das ferramentas utilizadas para promover maior amadurecimento do estudante são as metodologias ativas. Elas utilizam problematizações para o desenvolvimento dos processos de ensinar e aprender, de modo que são apoiadas no estímulo a descoberta, rompendo com o modelo de transmissão de informações enquanto o aluno se mantém passivo e sem o estímulo ao desenvolvimento de autonomia e raciocínio crítico. Dessa forma, a experiência problematizadora funciona como meio para os processos de continuidade e de ruptura, que são de grande importância para a consolidação do conhecimento (10).

Uma das ferramentas da metodologia ativas empregadas são as simulações realísticas (SR), que apresentam uma grande relevância pelo caráter de substituição das experiências da prática profissional ainda durante o processo de formação, podendo ser através de interações com atores, manequins que possibilitam a ausculta, por exemplo, pacientes virtuais, ferramentas de realidade virtual, entre muitos outros instrumentos. Esse tipo de estratégia educacional vem sendo utilizada a bastante tempo durante a história pelo seu caráter experimental, mas, muitas vezes, em menor escala devido à dificuldade de execução. No entanto, o avanço das tecnologias permite que atualmente seja possível simular diferentes situações da prática profissional e em maior proporção (11).

No século 18, Grégoire pai e filho desenvolveram um manequim obstétrico com peças cadavéricas que permitia o treinamento de partos, desenvolvido a partir de uma pelve humana e do corpo de um bebê (12). Contemporaneamente, o avanço das tecnologias de simulação acompanhou a adoção de metodologias ativas de estudo e ensino, de modo que as ferramentas para as SR progrediram rapidamente de simples modelos

anatômicos até dispositivos complexos controlados por computadores, úteis para diversos cenários práticos do exercício dos profissionais de saúde (11).

As SR apresentam um papel central no direcionamento do estudo dos alunos, tendo em vista que a experiência que mimetiza a vida real dá a oportunidade de aplicar o conhecimento diante da necessidade e, a partir disso, criar o senso crítico do que é necessário saber para o correto manejo das diversas situações, possibilitando certa adaptação do estudo para que ele seja mais efetivo (12). Ademais, os benefícios do uso das simulações realísticas superam simplesmente o treinamento de habilidades e questões teóricas e práticas da atuação profissional. Nesse sentido, as SR também auxiliam o aprendizado de interações complexas, manejo de situações adversas e crises, dinâmica de equipe além de abrir espaço para o desenvolvimento de técnicas de comunicação, dependendo do cenário utilizado (11).

Cabe ressaltar que a efetividade das simulações realísticas está diretamente ligada à necessidade de feedback constante. Dessa maneira, é de grande relevância o momento do debriefing, já que, a partir dele será estimulado a um período de reflexão guiada, tangenciando pontos como a maneira que a experiência simulada afetará a prática profissional e até mesmo quais os próximos passos que deverão ser tomados para que a performance seja mais assertiva (12,13).

É evidente que o ensino baseado em simulações (EBS) proporciona benefícios ao estudante, como o desenvolvimento de autonomia e autoconhecimento mediante a exposição a situações desafiantes, assegurando a proteção e o cuidado do paciente (4). No entanto, no contexto da pandemia do COVID-19 no ano de 2020, tanto a viabilidade das aulas, como a aplicação das simulações realísticas no ensino médico foram substancialmente comprometidas. Esse foi um momento importante para as universidades, já que, por mais desafiador que tenha sido, foi uma boa oportunidade de aprimorar e avançar os métodos de ensino. Nessa situação excepcional, as universidades tentaram superar os desafios para as reuniões presenciais, através de uma rápida transição para o ensino virtual por meio do uso de plataformas de reuniões online para a realização das aulas, como Zoom e o Meet (14). Entretanto, mesmo com os esforços para oferecer a melhor qualidade de ensino, o feedback dos alunos e

docentes era incerto, apontando críticas ao ensino a distância pelo fato de nem sempre substituir adequadamente os métodos previamente utilizados(15).

Nesse sentido, a utilização de ferramentas como a realidade virtual representou uma possibilidade para a aplicação de certos cenários práticos que se tornaram indisponíveis mediante o contexto mundial, apesar de sua aplicabilidade não ser viável em larga escala devido questões logísticas(15). Apesar de já usadas a um tempo relevante, a evolução dessa tecnologia bem como o seu gradual emprego pelas instituições de ensino e hospitais são fatores que têm tornado essa estratégia de ensino mais difundida atualmente(16). Nessa perspectiva, de modo comum esse método tem sido largamente usado como treinamento de habilidades práticas na medicina, principalmente nas áreas cirúrgicas. No entanto, o uso dessas ferramentas não está restrito apenas a essa área, podendo ainda ser utilizada para a aquisição de competências relevantes para a prática clínica e no relação médico-paciente, como práticas de comunicação, melhor visualização e estudo da anatomia por exemplo (15,17).

4. METODOLOGIA

4.1. Desenho do estudo

Trata-se de uma revisão sistemática de literatura. O protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis - PRISMA será utilizado como guia para a construção da revisão sistemática.

4.2. Estratégia de busca

Os artigos serão selecionados a partir de busca na plataforma MEDLINE/PubMed. Na coleta de dados, serão utilizadas os descritores validados no Medical Subject Heading (MeSH), do Descritores em Ciências da Saúde (DECS), que estejam relacionados ao treinamento por simulação ("Simulation Training"), realidade virtual ("Virtual Reality") e educação médica ("Education, Medical"). O filtro de tempo selecionado para busca dos artigos foi "período de 2020 até 2023".

4.3. Critérios de inclusão e de exclusão

Serão incluídos ensaios clínicos randomizados encontrados na base de dados MEDLINE/PubMed publicados a partir de 2020 até 2023 de acordo com os seguintes critérios:

1. Estudos que abordem o uso realidade virtual como estratégia de simulação para o ensino médico;
2. Ensaio randomizado;
3. Estudos que comparem grupos que utilizam realidade virtual no treinamento com grupos que utilizem estratégias tradicionais de ensino;
4. População de estudo composta por médicos ou estudantes de medicina.

Serão excluídos artigos pagos que não tiveram acesso liberado pelos autores, revisões sistemáticas, relatos de caso, estudos transversais quaisquer outros estudos que não respondem ao objetivo da pesquisa, artigos cujos títulos ou resumos não correspondam à temática central do trabalho e artigos que não forem nas línguas inglês, espanhol ou português.

4.4. Identificação e seleção dos estudos

Os trabalhos serão identificados por dois autores que realizarão, de forma independente, a leitura dos seus títulos e resumos, avaliando-os conforme os critérios de inclusão e exclusão. Os trabalhos que não apresentarem resumos e não forem excluídos por título, além dos artigos cujo resumo não é suficiente para a avaliação dos critérios de inclusão e exclusão, serão triados para leitura do texto completo, para a definição quanto a sua elegibilidade. Após serem triados, os textos completos dos artigos serão acessados separadamente por cada um dos autores, confirmando-se a inclusão dos trabalhos na revisão sistemática.

4.5. Extração dos dados

Os dados serão retirados e sintetizados em formulário de coleta pré-definido. As características extraídas dos estudos serão: nome do primeiro autor, ano de publicação, país, desenho do estudo, N do grupo controle, N do grupo intervenção, cenário de simulação, população do estudo, principais achados e conclusões.

4.6. Avaliação do risco de viés

Para avaliação do risco de viés dos estudos selecionados para a revisão sistemática foi utilizada a ferramenta RoB 2.0 (*Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials*) na qual para o resultado do estudo de interesse são avaliados cinco domínios referentes a possíveis vieses. Dentre eles viés no processo de randomização, Desvios da intervenção pretendida, Viés devido a dados faltantes, Viés na aferição dos desfechos e Viés no relato dos desfechos, sendo, cada domínio, avaliado como baixo risco de viés, algumas preocupações ou alto risco de viés. Os dados da análise do risco de viés estão presentes na Tabela 4.

4.7. Aspectos éticos

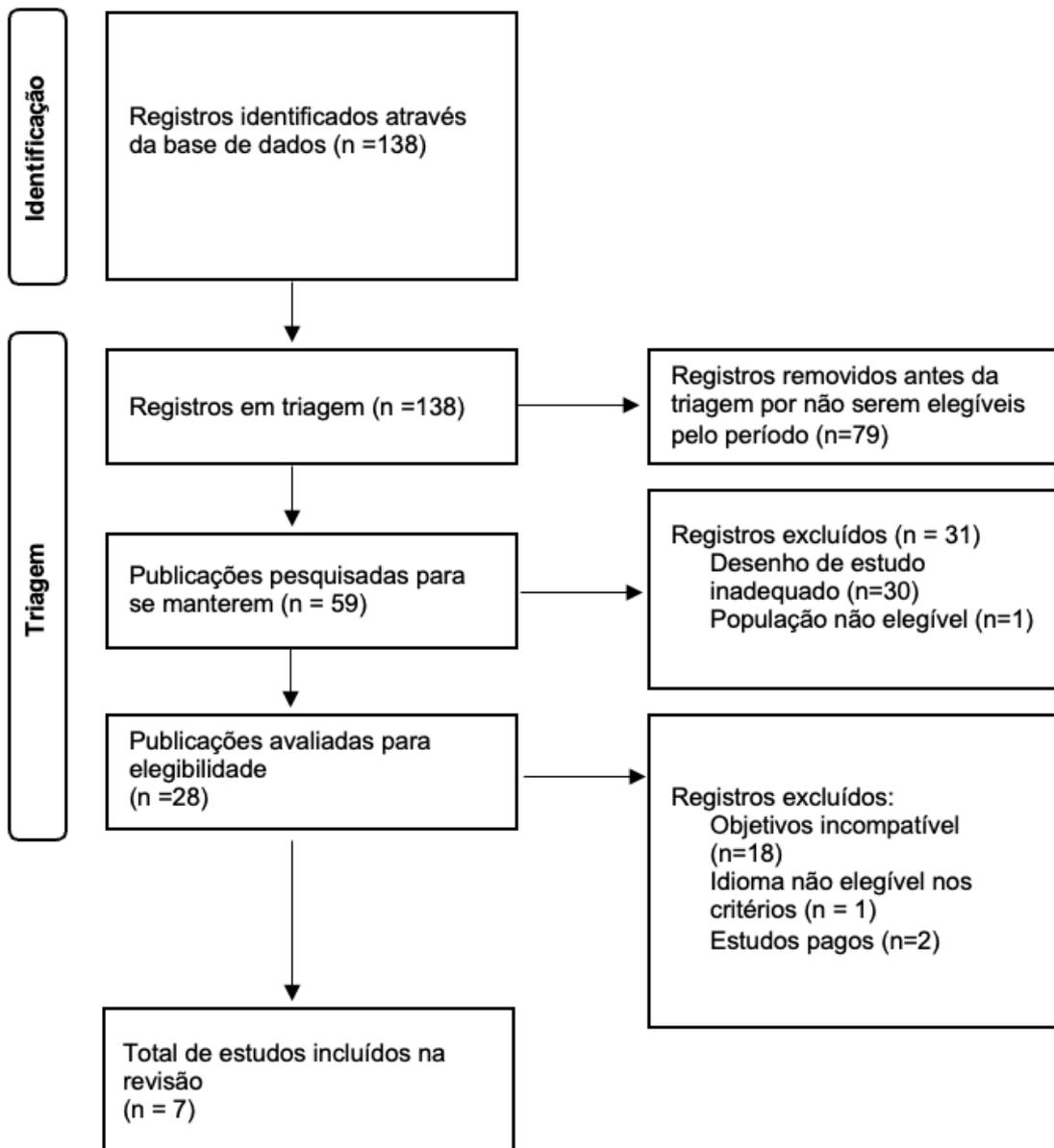
Por tratar-se de uma revisão sistemática, logo, segundo a resolução 466/12 do Ministério da Saúde, é dispensada a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

5. RESULTADOS

5.1. Elegibilidade

A busca dos estudos através das bases de dados identificou 138 títulos. Após análise realizada, inicialmente levando em conta o período em que os estudos foram realizados, foram triados 59 estudos após a leitura dos títulos e resumos. Desses, 31 registros foram excluídos devido a inadequações relacionadas ou aos desenhos de estudo ou a população preconizados na elegibilidade da pesquisa, restando 28. Após uma nova fase de triagem, 21 estudos foram descartados devido incompatibilidades nos objetivos, idioma não elegível nos critérios e estudos pagos que não foram disponibilizados pelos autores. Por fim, 7 estudos foram incluídos na revisão (figura 1).

Figura 1: Fluxograma dos estudos avaliados nessa revisão



Fonte: próprio autor

Tabela 1 – Tabela de características gerais dos artigos

Nome do artigo	Primeiro autor	Ano de publicação	País	Desenho de estudo
An Efficient Single-session Spatial Skill Trainer for Robot-assisted Surgery: A Randomized Trial	Liel Luko	2020	Israel	Ensaio clínico randomizado controlado
Simulator training and residents' first laparoscopic hysterectomy: a randomized controlled trial.	Ewa Jokinen	2020	Finlândia	Ensaio randomizado
The efficacy of immersive virtual reality surgical simulator training for pedicle screw placement: a randomized double-blind controlled trial.	Baoquan Xin	2020	China	Ensaio randomizado controlado duplo-cego
Does Virtual Reality Improve Procedural Completion and Accuracy in an Intramedullary Tibial Nail Procedure? A Randomized Control Trial.	Mark D. Orland BS	2020	EUA	Ensaio randomizado controlado
Effectiveness of Immersive Virtual Reality on Orthopedic Surgical Skills and Knowledge Acquisition Among Senior Surgical Residents: A Randomized Clinical Trial.	Ryan Lohre	2020	Canada	Ensaio clínico randomizado
Teaching ultrasound-guided peripheral venous catheter placement through immersive virtual reality An explorative pilot study.	Nanna L. Andersen	2021	Dinamarca	Ensaio randomizado controlado
Virtual Reality Training in Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Randomized, Blinded Trial.	Brandon McKinney	2022	EUA	Ensaio randomizado cego

Fonte: próprio autor

Tabela 2 – Tabela de intervenções

Primeiro autor	N- controle	Descrição do controle	N- intervenção	Descrição da intervenção
Liel Luko	20	Apresentação abrangente em PowerPoint	21	treinamento com um treinador de habilidade espacial projetado especificamente para o propósito deste experimento.
Ewa Jokinen	9	Palestras + curso teórico + treinamento: cinco vezes cada uma das nove tarefas básicas de habilidade no mesmo simulador de realidade virtual.	10	Palestras + curso teórico + treinamento: cinco vezes cada uma das nove tarefas básicas de habilidade no mesmo simulador de realidade virtual + treinamento RV: dez vezes com o módulo de histerectomia em simulador de realidade virtual 1 mês antes da cirurgia.
Baoquan Xin	12	avaliação inicial: colocação de parafuso pedicular em coluna vertebral em cirurgia supervisionada + 20 min de videoaula + 20 min de demonstração da cirurgia por um cirurgião sênior em modelo impresso em impressora 3d + avaliação final: colocação de parafuso pedicular em coluna vertebral em cirurgia supervisionada.	12	avaliação inicial: colocação de parafuso pedicular em coluna vertebral em cirurgia supervisionada + treinamento de 40 minutos no simulador de realidade virtual 5x + avaliação final: colocação de parafuso pedicular em coluna vertebral em cirurgia supervisionada.
Mark D. Orland BS	8	Guia prático com as etapas do procedimento + simulação em modelo de osso compacto artificial.	8	Plataforma de realidade virtual + simulação em modelo de osso compacto artificial.
Ryan Lohre	9	Treinamento através do vídeo da cirurgia.	9	Treinamento com aprendizado guiado na plataforma PrecisionOS versão 3.0 (PrecisionOS Technology) .
Nanna L. Andersen	9	Vídeos sobre o procedimento e leitura de material + simulação em fantoma.	10	Vídeos sobre o procedimento e leitura de material + simulação com realidade virtual + questionário sobre usabilidade confiabilidade da simulação + simulação em fantoma.
Brandon McKinney	11	Treinamento com guia técnico por 1 hora + avaliação: procedimento em um modelo SawBones.	11	Treinamento com módulo de realidade virtual por 1 hora + avaliação: procedimento em um modelo SawBones.

Fonte: próprio autor

Tabela 3 – Tabela de desfechos e conclusões

Primeiro autor	Cenário	População	Principais desfechos	Conclusões
Liel Luko	Sutura robótica	Médicos residentes	Nenhuma diferença entre os grupos controle e intervenção quanto ao desenvolvimento de habilidade espaciais básicas (rotação mental, tomada de perspectiva e planejamento espacial), mas quanto ao dano tecidual, percebeu-se uma menor perfuração tecidual no grupo intervenção, enquanto não houve melhora no grupo controle. Estatisticamente não houve diferença significativa ao não demonstrar uma associação do resultado da operação com o desempenho do treinamento, apesar do autor apontar que o grupo intervenção realizou em um período mais curto, de cerca de 20 minutos.	O treinamento melhorou a capacidade de perceber e localizar o alvo de perfuração do tecido, além de avaliar a correta quantidade de força a ser usada na passagem da agulha através do tecido, favorecendo o desempenho na sutura. Demonstrou-se melhora da habilidade cirúrgica através de um treinamento rápido.
Ewa Jokinen	Histerectomia	Médicos residentes	Antes do treinamento os resultados indicaram que os dois grupos foram comparáveis tanto na taxa de sucesso do procedimento quanto na precisão na colocação dos parafusos. Após o treinamento, o grupo RV teve taxa de sucesso e taxa de precisão da colocação do parafuso maiores e estatisticamente significativas, enquanto o grupo Não-RV não houve diferenças significativas após o treinamento.	Não houve poder estatístico para comprovar a associação. O tamanho da amostra era pequeno. Ademais, por acaso, o grupo intervenção, em geral, era mais experiente em GO do que o grupo controle.
Baoquan Xin	Cirurgia de coluna vertebral	Cirurgiões de coluna vertebral	Proporções de procedimentos bem-sucedidos para o grupo intervenção foi maior que o grupo controle. O grupo intervenção apresentou menos passos errados que o grupo controle, além de terem concluído o procedimento de maneira mais rápida. O grupo realidade virtual apresentou maior prazer em aprender, atestou facilidade de uso e fornecimento de maior capacidade de aprendizado quanto à anatomia, mas, não houve resultados significantes quanto a diferenças no aprendizado dos passos cirúrgicos na comparação dos dois grupos. Demonstrou-se que o tempo de treinamento do grupo intervenção foi menor que o do grupo controle, mesmo repetindo as	O grupo intervenção apresentou melhores taxas de sucesso e eficiência no procedimento que o grupo controle.
Mark D. Orland BS	Inserção de haste tibial intramedular	Estudantes de medicina	O grupo realidade virtual aumentou a precisão do procedimento e a proporção de conclusão em comparação com o controle.	O grupo realidade virtual aumentou a precisão do procedimento e a proporção de conclusão em comparação com o controle.
Ryan Lohre	Artroplastia reversa do ombro	Médicos residentes	O aprendizado de habilidades processuais complexas e etapas críticas em RV foi considerado superior ao treinamento técnico em vídeo. O treinamento RV demonstrou provocar significativamente menos erros e nenhum erro flagrante ou crítico. Demonstrou-se também uma redução na curva de aprendizado.	O aprendizado de habilidades processuais complexas e etapas críticas em RV foi considerado superior ao treinamento técnico em vídeo. O treinamento RV demonstrou provocar significativamente menos erros e nenhum erro flagrante ou crítico. Demonstrou-se também uma redução na curva de aprendizado.

Nanna L. Andersen	Acesso venoso periférico	Estudantes de medicina	<p>simulações cerca de 2 a 3 vezes. Quanto ao resultado do procedimento cadavérico, o grupo realidade virtual obteve média maior que o grupo controle, de modo que o grupo controle apresentou cerca de 50% mais erros críticos que o grupo realidade virtual.</p> <p>A proporção de canulações bem-sucedidas foi maior no grupo realidade virtual que no grupo controle. Em valores absolutos, o tempo do grupo realidade virtual se mostrou menor, mas os testes não demonstraram relevância estatística para essa variável.</p>	<p>O uso de realidade virtual no treinamento aumentou a eficácia do aprendizado, de modo que houve mais canulações bem-sucedidas no grupo realidade virtual que no controle, mas não houve diferença significativa quando ao tempo do procedimento.</p>
Brandon McKinney	Artroplastia medial unicompartimental do joelho com suporte fixo	Médicos residentes	<p>Grupo realidade virtual teve melhores resultados na realização do procedimento, executaram significativamente mais etapas corretamente, além de menores tempos estudando e realizando a artroplastia.</p>	<p>Grupo intervenção apresentou melhores resultados nas variáveis analisadas, com pontuações globais mais altas na avaliação.</p>

Fonte: próprio autor

Tabela 4 – Tabela de risco de viés

		Domínios do risco de viés					Geral
		D1	D2	D3	D4	D5	
Estudo	Liel Luko	-	-	+	-	+	-
	Ewa Jokinen	+	+	+	+	+	+
	Baoquan Xin	+	+	+	+	+	+
	Mark D. Orland BS	-	+	+	+	+	+
	Ryan Lohre	+	+	+	+	+	+
	Nanna L. Andersen	+	+	+	+	+	+
	Brandon McKinney	+	+	+	+	×	-

Domínios

D1: Viés decorrente do processo de randomização

D2: Viés devido a desvios da intervenção pretendida

D3: Viés devido à falta de dados dos resultados

D4: Viés na mensuração do desfecho

D5: Viés na seleção do resultado apresentado

Julgamento

 Alto

 Alguma preocupação

 Baixo

Fonte: próprio autor

5.2. Intervenções

Os estudos, apontados na tabela 1 de características gerais, apresentaram uma diversidade de possibilidades na comparação entre grupos controle e intervenção, variando, dentro das particularidades de cada cenário de estudo, entre a adição de ferramentas de realidade virtual no treinamento comum realizado no grupo controle (n=2) ou comparação entre metodologias tradicionais (aulas teóricas, leitura do material e vídeos da cirurgia) e instrumentos de realidade virtual (n=5). 2 estudos realizaram avaliações visando comparar os resultados entre os grupos. Informações sobre intervenções descritas na Tabela 2.

5.3. Principais desfechos

Dos 7 estudos analisados, 6, em geral, apresentaram conclusões favoráveis ao uso de estratégias de ensino baseadas em realidade virtual na área médica(18–23),

enquanto um dos estudos refere que não obteve relevância estatística para comprovar a associação(24), apontando viés de seleção em razão da pequena amostra, e viés de confusão decorrente da heterogeneidade entre os grupos, de modo que no grupo intervenção havia profissionais mais experientes que no grupo controle. Dados apontados na Tabela 3.

Foi apontado por 4 das pesquisas analisadas a q, como a precisão na aplicação das técnicas como sutura robótica, inserção de haste tibial e artroplastias em cirurgia ortopédica, além de haver certa redução nos erros críticos, demonstrado a usabilidade dessas novas tecnologias para o refinamento técnico nos procedimentos dos aprendizes (20,21,23,25). Na pesquisa de Ryan Lohre no cenário de artroplastia reversa do ombro, notou-se que o grupo controle apresentou 50% mais erros críticos quando comparado ao grupo que realizou o treinamento na plataforma PrecisionOS versão 3.0 (PrecisionOS Technology)(26).

Em relação às taxas de sucesso e erro, 5 estudos descreveram que os grupos que realizam o treinamento através do uso da realidade virtual tiveram melhora nas intervenções aplicadas, obtendo melhores taxas de sucesso e menos erros críticos durante a realização dos processos, como nas cirurgias de coluna vertebral, artroplastias, inserção de haste tibial e no acesso venoso periférico(20,22,23,26,27). 4 trabalhos citaram a variável tempo ou período dos procedimentos enquanto outro trabalho citou rapidez(20,22–24,26). Desses 5, 3 deles demonstraram diminuição do tempo ou maior rapidez, otimizando a curva de aprendizado nas populações estudadas, enquanto os outros 2 não conseguiram demonstrar relevância estatística que comprovasse a influência da variável no estudo, apesar deles apresentarem números absolutos que apontaram que a atividade proposta como cenário foi realizada de maneira mais rápida. Um dos trabalhos discutiu sobre o prazer no processo de estudo, citando que o uso da realidade virtual foi considerado mais prazeroso para a população analisada (20). Ademais, 2 estudos que aplicaram avaliação após o treinamento com realidade virtual obtiveram melhores resultados para o grupo intervenção comparado ao grupo controle (23,27).

5.4. Risco de viés

A qualidade dos estudos incluídos foi satisfatória, tendo em vista presença de estudos que, diante de uma análise e julgamento geral, apresentaram em sua maioria baixo risco de viés, enquanto outros teve-se certo grau de preocupação (Tabela 4).

6. DISCUSSÃO

A estratégia da realidade virtual tem se tornado cada vez mais aplicada nos mais diversos cenários na formação médica. Os procedimentos médicos realizados nos estudos elegíveis na análise do trabalho foram: sutura robótica, histerectomia, cirurgia de coluna vertebral, inserção de haste tibial intramedular, artroplastia reversa do ombro, artroplastia medial unicompartimental do joelho com suporte fixo e acesso venoso periférico. A população do estudo foi desde estudantes de medicina e médicos residentes a especialistas.

Nota-se que comumente os países que mais produzem trabalhos relacionados ao uso da realidade virtual como metodologia de ensino são economicamente desenvolvidos, de modo que, ao menos para o recorte utilizado na metodologia, nenhum país subdesenvolvido teve representantes para o contexto em questão, muito provavelmente pelo acesso a tecnologias que apresentam valores elevados para serem aplicadas nesses locais diante de outras prioridades. Dessa maneira, é relevante o fato de que o acesso aos instrumentos de realidade virtual, que são muito versáteis a diversos cenários, é restrito, apontando a uma realidade excludente que limita o ensino e a produção científica (28,29).

O uso da realidade virtual pelos grupos intervenção incluídos na revisão, em geral, demonstrou superioridade quando comparada às metodologias tradicionais de ensino utilizadas pelos grupos controle dos estudos, no que tange às habilidades práticas. Outros artigos disponíveis na literatura reiteram tal fato ao demonstrar medidas objetivas que apontam para melhoria na aquisição de habilidades (30–36). Isso ocorre principalmente em cenários cirúrgicos, tendo em vista que as ferramentas de realidade virtual são mais comumente utilizadas para o treinamento e aquisição de habilidades cirúrgicas pelos médicos cirurgiões em formação ou até mesmo como método de planejamento cirúrgico de profissionais experientes. Tal tecnologia pode trazer inúmeros benefícios tanto para o médico como para o paciente, já que durante o treinamento ou planejamento é possível que movimentos meticulosos sejam repetidos e dominados (31,33,34). Dessa forma, o risco de lesões e consequências maléficas para o paciente, principalmente em cirurgias de estruturas delicadas podem ser mitigados, como é o caso dos procedimentos neurológicas e oftalmológicos (34,35).

De modo consoante, através das análises dos estudos, nota-se que as taxas de erros durante as intervenções tornaram-se menores com o uso da realidade virtual para o treinamento, comparada às taxas dos grupos que não utilizaram a ferramenta. Consequentemente, os índices de sucesso foram maiores e houve menos riscos no tratamento dos pacientes, o que também foi documentado em outras pesquisas (31).

Em tal revisão, foi possível notar que o tempo para a realização dos procedimentos foi alvo de investigação de 5 dos estudos analisados. Dentre eles, todos demonstraram a redução do tempo bem como o aumento da agilidade dos indivíduos em treinamento quando em uso da realidade virtual em comparação aos métodos tradicionais, como aulas e leitura. Na literatura, resultados similares são comuns de serem encontrados, validando uma redução significativa do tempo investido para o treinamento, além de otimizar a curva de aprendizado dos profissionais em formação, bem como o tempo necessário para a finalização da intervenção (31,36,37). Em uma revisão sistemática sobre o uso da realidade virtual para o treinamento de trauma e de cirurgias ortopédicas, o autor trouxe que a taxa de eficácia de transferência foi de 0,5 para o cenário e população estudados, ou seja, para cada 1 hora investida no treinamento virtual, cerca de 30 minutos eram descontados do tempo total da cirurgia, denotando a influência da ferramenta para alcançar uma performance mais rápida e competente (37).

A utilização da realidade virtual se mostrou benéfica na melhora do conhecimento processual quando comparado aos grupos que não utilizaram desse artifício. Em contrapartida, na literatura observa-se que esse método não demonstra superioridade quando se trata sobre o conhecimento declarativo, de modo que as metodologias tradicionais tendem a expor a aluno a particularidades e aspectos do assunto que na prática das simulações nem sempre são tão usuais (30) Quando se leva em conta a comparação desses métodos tradicionais ou da aprendizagem combinada com as simulações de realidade aumentada ou virtual, o desenvolvimento de competências cognitivas dos participantes é maior através dos mecanismos de aplicação prática (38). Tais benefícios podem ter relação com o fato da simulação ser uma forma mais estimulante de aprender, devido o ambiente imersivo e interativo, sendo apontado por muitos usuários que a sua utilização torna o processo de aprendizado mais prazeroso e agradável. Os resultados favoráveis são atestados com os resultados dos checklists

ao final da aplicação de algumas intervenções, que apresentaram caráter de superioridade ou de não inferioridade com relação ao uso das simulações realísticas através da realidade virtual (30)

Nos estudos analisados não foram discutidos a relação custo-efetividade entre as metodologias de ensino, o que não torna possível tirar conclusões relacionadas a esse aspecto através dessas amostras. Entretanto, em revisão sistemática anterior (30), foi demonstrado que, apesar do valor de custo e importação, os instrumentos de realidade virtual são 34.1 vezes mais econômicos que os métodos tradicionais em cursos presenciais dada as devidas medidas de logística, comparando o valor da aplicação dessa tecnologia em cenário de treinamento cirúrgico com o valor em volta de uma aula comum a longo prazo (30,37). Outro estudo similar sobre a treinamento oftalmológico através de realidade aumentada (2013), método que permite a visualização de objetos virtuais no contexto real, demonstrou que, apesar do alto custo de implementação da tecnologia, haveria uma redução dos custos relacionados ao uso da sala de cirurgia anualmente para o treinamento, permitindo uma recuperação do valor investido em cerca de 10 anos (35).

Um dos problemas e limitações enfrentados na realização do estudo diz respeito a heterogeneidade dos cenários das intervenções, além da falta de padrão nas medidas dos desfechos dos estudos analisados. Esse é um aspecto notório e apresentado em outros trabalhos relacionados ao uso de simulações realísticas, tanto no âmbito do uso da realidade virtual, como nos trabalhos em que essa ferramenta não é utilizada. Dessa maneira, não se pode estender e generalizar os resultados obtidos, tendo em vista que os cenários são específicos e promovem o treinamento de habilidades relacionadas à particularidade do procedimento, não sendo capaz, necessariamente, conjecturar que tais competências extrapolarão para outros procedimentos. Pode-se perceber, também, que as pesquisas produzidas na área comumente apresentam amostras reduzidas, comprometendo, muitas vezes, uma análise estatística efetiva das variáveis estudadas.

7. CONCLUSÃO

Diante da análise, demonstrou-se que o uso de realidade virtual no treinamento de médicos em formação possui caráter de superioridade ou não inferioridade com relação à melhora nas habilidades processuais, tempo de aprendizado e de aplicação da intervenção, bem como as taxas de sucesso dos procedimentos. Nesse sentido, os dados coletados nos ensaios clínicos randomizados que foram analisados na revisão reportaram scores com maiores resultados globais, menores índices de erros nos procedimentos, bem como melhora nas habilidades espaciais dos aprendizes em uso da realidade virtual no treinamento, principalmente nos cenários cirúrgicos, onde a tecnologia tem sido largamente aplicada.

REFERÊNCIAS

1. Mitre SM, Siqueira-Batista R, Girardi-De-Mendonça JM, Maria De Morais-Pinto N, De Almeida C, Meirelles B, et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. 2007.
2. Mendes A, Campos E, Radomski F, Silva H, Sebben I, Mariano L, et al. UMA REVISÃO SOBRE AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS DE ENSINO E SUAS DIFERENÇAS. 2018.
3. Da C, Souza S. 284-92 [Internet]. Vol. 47, Medicina (Ribeirão Preto). 2014. Available from: <http://revista.fmrp.usp.br/>
4. Sá A, Dourado S, Tais I, Giannella R. Ensino Baseado em Simulação na Formação Continuada de médicos: análise das Percepções de alunos e Professores de um Hospital do rio de Janeiro Simulation-Based Learning in Continuing medical Education: analysis of Student and Teacher Perceptions of a Hospital in rio de Janeiro. Vol. 38, Revista BRasileiRa de educação Médica. 2014.
5. Gaba DM. The future vision of simulation in healthcare. Simul Healthc. 2007;2(2):126–35.
6. de Melo GL, Brazaca LC, Silva LF. Online teaching modality in a pandemic time: the opinion from a group of undergraduate physics students. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2022;44.
7. Frasson de Souza Montero E, José Zanchet D. Realidade virtual e a medicina. Vol. 18, Acta Cirúrgica Brasileira.
8. Skinovsky J, -pr T, Chibata M, Emilio Dalledone Siqueira D. Realidade Virtual e Robótica em Cirurgia 334 REALIDADE VIRTUAL E ROBÓTICA EM CIRURGIA-AONDE CHEGAMOS E PARA ONDE VAMOS? VIRTUAL REALITY AND ROBOTICS IN SURGERY: WHERE WE ARE AND WHERE WE ARE HEADING.
9. Behrens M. A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos. 1999;
10. Cyrino EG. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde- a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. Caderno de Saúde Pública . 2004;
11. Khan K, Pattison T, Sherwood M. Simulation in medical education. Vol. 33, Medical Teacher. 2011. p. 1–3.
12. Jones F, Passos-Neto C, Melro Braghiroli O. Simulation in Medical Education: Brief history and methodology. Principles and Practice of Clinical Research Journal

- [Internet]. 2015 Sep 16;1(2):56–63. Available from:
<https://journal.ppcr.org/index.php/ppcrjournal/article/view/12>
13. Felipe C, Brandão S, Marin HF. Realistic simulation as an educacional tool for medical students Curricular insertion of high fidelity simulation after tutorial sessions in medical courses of active learning methodologies. View project Improving on the SBA question format in medical education View project [Internet]. 2014. Available from: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/scientiamedica>
 14. Wilcha RJ. Effectiveness of virtual medical teaching during the COVID-19 crisis: Systematic review. Vol. 6, JMIR Medical Education. JMIR Publications Inc.; 2020.
 15. Tekiner H, Kemaloglu CA, Ali Tsaous A. COVID-19 Era Requires Urgent Integration of Virtual Reality Simulations in Medical Education. HCA Healthcare Journal of Medicine. 2020 Nov 30;1(0).
 16. De Faria JW V., Figueiredo EG, Teixeira MJ. Histórico da realidade virtual e seu uso em medicina. Rev Med (Rio J). 2014 Sep 4;93(3):106.
 17. Dyer E, Swartzlander BJ, Gugliucci MR. Using virtual reality in medical education to teach empathy. Journal of the Medical Library Association. 2018 Oct 1;106(4):498–500.
 18. Luko L, Parush A, Matanes E, Lauterbach R, Taitler A, Lowenstein L. An Efficient Single-session Spatial Skill Trainer for Robot-assisted Surgery: A Randomized Trial. J Minim Invasive Gynecol. 2020 Mar 1;27(3):728-737.e2.
 19. Xin B, Huang X, Wan W, Lv K, Hu Y, Wang J, et al. The efficacy of immersive virtual reality surgical simulator training for pedicle screw placement: a randomized double-blind controlled trial. Int Orthop. 2020 May 1;44(5):927–34.
 20. Orland MD, Patetta MJ, Wieser M, Kayupov E, Gonzalez MH. Does Virtual Reality Improve Procedural Completion and Accuracy in an Intramedullary Tibial Nail Procedure? A Randomized Control Trial. Clin Orthop Relat Res. 2020 Sep 1;478(9):2170–7.
 21. Lohre R, Bois AJ, Pollock JW, Lapner P, McIlquham K, Athwal GS, et al. Effectiveness of Immersive Virtual Reality on Orthopedic Surgical Skills and Knowledge Acquisition among Senior Surgical Residents: A Randomized Clinical Trial. JAMA Netw Open. 2020 Dec 28;3(12).
 22. Andersen NL, Jensen RO, Posth S, Laursen CB, Jørgensen R, Graumann O. Teaching ultrasound-guided peripheral venous catheter placement through immersive virtual reality An explorative pilot study. Medicine (United States). 2021 Jul 9;100(27).

23. McKinney B, Dbeis A, Lamb A, Frousiakis P, Sweet S. Virtual Reality Training in Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Randomized, Blinded Trial. *J Surg Educ.* 2022 Nov 1;79(6):1526–35.
24. Jokinen E, Mikkola TS, Härkki P. Simulator training and residents' first laparoscopic hysterectomy: a randomized controlled trial. *Surg Endosc.* 2020 Nov 1;34(11):4874–82.
25. Luko L, Parush A, Matanes E, Lauterbach R, Taitler A, Lowenstein L. An Efficient Single-session Spatial Skill Trainer for Robot-assisted Surgery: A Randomized Trial. *J Minim Invasive Gynecol.* 2020 Mar 1;27(3):728-737.e2.
26. Lohre R, Bois AJ, Athwal GS, Goel DP. Improved Complex Skill Acquisition by Immersive Virtual Reality Training: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume.* 2020 Mar 18;102(6).
27. Xin B, Huang X, Wan W, Lv K, Hu Y, Wang J, et al. The efficacy of immersive virtual reality surgical simulator training for pedicle screw placement: a randomized double-blind controlled trial. *Int Orthop.* 2020 May 1;44(5):927–34.
28. Barteit S, Lanfermann L, Bärnighausen T, Neuhann F, Beiersmann C. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review. Vol. 9, *JMIR Serious Games.* JMIR Publications Inc.; 2021.
29. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, et al. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res [Internet].* 2019 Jan 22;21(1):e12959. Available from: <http://www.jmir.org/2019/1/e12959/>
30. Mao RQ, Lan L, Kay J, Lohre R, Ayeni OR, Goel DP, et al. Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. Vol. 268, *Journal of Surgical Research.* Academic Press Inc.; 2021. p. 40–58.
31. Bernardo A. Virtual Reality and Simulation in Neurosurgical Training. *World Neurosurg.* 2017 Oct 1;106:1015–29.
32. Pfandler M, Lazarovici M, Stefan P, Wucherer P, Weigl M. Virtual reality-based simulators for spine surgery: a systematic review. Vol. 17, *Spine Journal.* Elsevier Inc.; 2017. p. 1352–63.
33. Vitale SG, Caruso S, Vitagliano A, Vilos G, Di Gregorio LM, Zizolfi B, et al. The value of virtual reality simulators in hysteroscopy and training capacity: a systematic review. Vol. 29, *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies.* Taylor and Francis Ltd; 2020. p. 185–93.
34. Vayssiere P, Constanthin PE, Herbelin B, Blanke O, Schaller K, Bijlenga P. Application of virtual reality in neurosurgery: Patient missing. A systematic review. Vol. 95, *Journal of Clinical Neuroscience.* Churchill Livingstone; 2022. p. 55–62.

35. Ong CW, Tan MCJ, Lam M, Koh VTC. Applications of extended reality in ophthalmology: Systematic review. Vol. 23, Journal of Medical Internet Research. JMIR Publications Inc.; 2021.
36. See KWM, Chui KH, Chan WH, Wong KC, Chan YC. Evidence for Endovascular Simulation Training: A Systematic Review. In: European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. W.B. Saunders Ltd; 2016. p. 441–51.
37. Bartlett JD, Lawrence JE, Stewart ME, Nakano N, Khanduja V, Bartlett v J D, et al. Does virtual reality simulation have a role in training trauma and orthopaedic surgeons? Bone Joint J. 2018;100(5):559–65.
38. Kuhn S, Huettl F, Deutsch K, Kirchgässner E, Huber T, Kneist W. Surgical Education in the Digital Age - Virtual Reality, Augmented Reality and Robotics in the Medical School. Zentralblatt fur Chirurgie - Zeitschrift fur Allgemeine, Viszeral- und Gefasschirurgie. 2021 Feb 1;146(1):37–43.