



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELOS DE DECISÃO E SAÚDE**

**JOSÉ RAUL DE BRITO ANDRADE**

**AVALIAÇÃO ONLINE DE HABILIDADES NO PROCESSO DE  
TREINAMENTO EM ANESTESIA REGIONAL EM UM SIMULADOR  
DE REALIDADE VIRTUAL**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2024**

**JOSÉ RAUL DE BRITO ANDRADE**

**AVALIAÇÃO ONLINE DE HABILIDADES NO PROCESSO DE  
TREINAMENTO EM ANESTESIA REGIONAL EM UM  
SIMULADOR DE REALIDADE VIRTUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde – Nível Doutorado, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, como requisito regulamentar para obtenção do título de doutor.

**Linha de Pesquisa:** Modelos de Decisão

**Orientadores:**

Profa. Dra. Liliane dos Santos Machado

Prof. Dr. Leonardo Wanderley Lopes

**JOÃO PESSOA-PB**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A553a Andrade, José Raul de Brito.

Avaliação online de habilidades no processo de treinamento em anestesia regional em um simulador de realidade virtual / José Raul de Brito Andrade. - João Pessoa, 2024.

125 f. : il.

Orientação: Liliâne dos Santos Machado.

Leonardo Wanderley Lopes.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Anestesia raquidiana. 2. Treinamento por simulação. 3. Simulação por computador. 4. Realidade virtual. 5. Modelo de avaliação. I. Machado, Liliâne dos Santos. II. Lopes, Leonardo Wanderley. III. Título.

UFPB/BC

CDU 616-089.5(043)

Ata da Sessão Pública de Defesa de Tese de  
Doutorado de **JOSÉ RAUL DE BRITO  
ANDRADE**, candidato ao Título de Doutor  
em Modelos de Decisão e Saúde, realizada  
em **18 de dezembro de 2024**.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49

Aos dezoito dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e quatro, às 14 h, no Auditório da Escola Técnica de Saúde (CPT/ETS/UFPB), instalou-se a banca examinadora de tese de Doutorado do aluno JOSÉ RAUL DE BRITO ANDRADE. A banca examinadora foi composta pelos professores Dr. MARCOS ANTÔNIO GUTIERREZ, USP, e Dra. MÁRCIA ADRIANA DIAS MEIRELLES MOREIRA, UFPB, examinadores externos, Dr. RONEI MARCOS DE MORAES, UFPB, e RICARDO DE SOUSA SOARES, UFPB, examinadores internos, Dr. LEONARDO WANDERLEY LOPES, UFPB, como orientador e Dra. LILIANE DOS SANTOS MACHADO, UFPB, como orientadora e presidente da banca examinadora. Dando início aos trabalhos, a presidente da banca cumprimentou os presentes, comunicou aos mesmos a finalidade da reunião e passou a palavra ao candidato para que se fizesse, oralmente, a exposição do trabalho de tese intitulado “AVALIAÇÃO ONLINE DE HABILIDADES NO PROCESSO DE TREINAMENTO EM ANESTESIA RAQUIDIANA EM UM SIMULADOR DE REALIDADE VIRTUAL”. Concluída a apresentação o candidato foi arguido pela Banca Examinadora que emitiu o parecer “**APROVADO**”. Sendo assim, após o candidato proceder às devidas correções exigidas pela Banca Examinadora no prazo máximo de **30 dias** e depositar as cópias finais da tese, deverá a Coordenação expedir uma declaração de conclusão do Programa e a Universidade Federal da Paraíba deverá expedir o respectivo diploma de Doutor em Modelos de Decisão e Saúde, na forma da lei. E, para constar, o Prof. Hemílio Fernandes Campos Coêlho, Sr. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde, lavrou a presente Ata, que vai assinada por ele e pelos demais membros da Banca Examinadora. João Pessoa, 18 de dezembro de 2024.

Prof. Liliane dos Santos Machado \_\_\_\_\_  
Orientadora e Presidente

Prof. Leonardo Wanderley Lopes \_\_\_\_\_  
Orientador

Prof. Ronei Marcos de Moraes \_\_\_\_\_  
Examinador Interno

Prof. Ricardo de Sousa Soares \_\_\_\_\_  
Examinador Interno

Profa. Márcia Adriana dias Meirelles Moreira \_\_\_\_\_  
Examinadora Externa ao Programa

Prof. Marcos Antônio Gutierrez \_\_\_\_\_  
Examinador Externo à Instituição

Emitido em 18/12/2024

ATA Nº 11/2024 - PPGMDS (11.01.14.54)  
(Nº do Documento: 11)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 10/02/2025 19:10 )  
RONEI MARCOS DE MORAES  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
337967

(Assinado digitalmente em 20/12/2024 11:30 )  
LILIANE DOS SANTOS MACHADO  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
2379027

(Assinado digitalmente em 20/12/2024 12:07 )  
LEONARDO WANDERLEY LOPES  
PROFESSOR TITULAR-LIVRE MAG SUPERIOR  
2634755

(Assinado digitalmente em 29/01/2025 08:23 )  
RICARDO DE SOUSA SOARES  
COORDENADOR(A)  
1663135

(Assinado digitalmente em 06/01/2025 14:36 )  
MARCIA ADRIANA DIAS MEIRELLES MOREIRA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
4185134

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número:  
**11**, ano: **2024**, documento (espécie): **ATA**, data de emissão: **20/12/2024** e o código de verificação: **79d66928e4**

Para as minhas maiores inspirações, meus pais  
Aparecida e Edirailton, pelo apoio e  
investimento na melhor herança que poderiam  
deixar para seus filhos: a educação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e pela bênção da saúde;

Aos meus pais, Edirailton Andrade e Aparecida Brito, pelo grande amor e suporte que me ofereceram durante toda minha vida, nunca medindo esforços para ajudar no meu desenvolvimento acadêmico; e ao meu irmão, Kaio César, pelo apoio ao longo dessa jornada.

Aos meus orientadores, Liliane Machado e Leonardo Lopes, que me ensinaram tudo que era necessário para meu trabalho, sempre com paciência, dedicação, empenho e respeito. Sem eles, este trabalho não seria possível;

Ao professor Ronei, por toda ajuda, apoio e orientação, em especial no modelo de decisão;

Aos médicos anestesistas que colaboraram com este estudo, em especial à professora Márcia Moreira, pela valiosa contribuição com as informações sobre o procedimento de raquia-anestesia e pela oportunidade de realizar as avaliações de usabilidade em parceria com a residência em anesthesiologia da UFPB;

Aos colegas do LabTEVE, novos e antigos, especialmente, Bianca Ismael, Dandara Palhano, Desiré Dominique, Zildomar Félix, Isaac Sebastian, Elvis Souza, Lucas Matias, e Ismael Araújo, pelas trocas de conhecimento, pelas conversas e, especialmente, pela amizade;

Aos amigos e companheiros da pós-graduação que estiveram ao meu lado;

Aos professores e funcionários do PPGMDS;

À CAPES, CNPq e INCT-MACC pelo apoio e suporte financeiro fornecido a este trabalho.

*"Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a fez  
tão importante"*

(Antoine de Saint-Exupéry)

## RESUMO

O ensino por competências tem se destacado na Educação Médica, propondo um currículo que equilibre a assimilação de conhecimento teórico e o desenvolvimento de habilidades práticas essenciais para a atuação profissional. Na Anestesiologia, especialmente na técnica de anestesia raquidiana, as competências clínicas são predominantemente psicomotoras e adquiridas por meio da prática direta. Tradicionalmente, o treinamento ocorre em pacientes sob a supervisão de tutores ou residentes experientes. Contudo, estudantes frequentemente relatam insegurança ao atender pacientes pela primeira vez. Além disso, a avaliação das habilidades no modelo tradicional é realizada por meio da observação do tutor, o que pode comprometer a qualidade do *feedback*, especialmente em turmas numerosas. Em resposta a essas limitações, novas abordagens têm sido buscadas para aprimorar as habilidades clínicas dos discentes e garantir a segurança do paciente. Nesse contexto, simuladores virtuais emergem como uma alternativa viável para o treinamento, permitindo interações com um ambiente virtual que simula a realidade, reduzindo custos e riscos associados ao treinamento convencional, além de oferecer mais oportunidades de prática e avaliação *online* das habilidades dos estudantes. Este estudo defende a tese de que é possível avaliar as habilidades cognitivas e psicomotoras do usuário na execução da técnica de anestesia raquidiana em ambientes de Realidade Virtual. Com o intuito de explorar os benefícios dos simuladores virtuais, o objetivo deste trabalho é propor uma alternativa complementar ao treinamento tradicional, focando na avaliação da aquisição de habilidades em anestesia raquidiana através da simulação em Realidade Virtual. Para tanto, foram definidos, em colaboração com especialistas, os componentes essenciais para a avaliação dessa técnica. Posteriormente, foi definido um modelo inteligente de avaliação, fundamentado em um sistema baseado em regras, destinado a fornecer *feedback* pertinente e elucidativo sobre as habilidades dos usuários, utilizando métricas específicas da técnica de anestesia raquidiana. Além disso, foi desenvolvido um simulador virtual para apoiar o treinamento e a avaliação, voltado à formação de médicos residentes em anestesiologia. O simulador incorpora recursos de interação tátil e permite a avaliação das habilidades do usuário após o processo de treinamento. Ele registra as ações executadas durante o treinamento e, ao final, gera um relatório detalhado sobre o desempenho do usuário. O modelo de avaliação foi validado por meio de testes realizados em cenários aleatórios, abrangendo todos os tipos possíveis de *feedback* fornecidos pelo simulador no relatório avaliativo. O simulador também foi submetido a testes de usabilidade, utilizando o questionário *System Usability Scale* como instrumento de avaliação. A média global, calculada com base nos escores individuais, foi de 78,8 (mínimo = 60; máximo = 90; amplitude = 30), classificando o simulador como excelente. Assim, conclui-se que é viável avaliar as habilidades cognitivas e psicomotoras do usuário na execução da técnica de anestesia raquidiana em ambientes de Realidade Virtual. Além disso, observou-se que a participação frequente de especialistas contribui para o detalhamento das informações e melhora a abordagem educativa de simuladores virtuais para treinamento, elevando, conseqüentemente, a qualidade da aplicação.

**Palavras-chave:** Realidade virtual. Anestesia raquidiana. Simulação por computador. Treinamento por simulação. Modelo de avaliação.

## ABSTRACT

*Competency-based education has gained prominence in Medical Education by proposing a curriculum that balances the assimilation of theoretical knowledge and the development of practical skills essential for professional practice. In anesthesiology, particularly in the spinal anesthesia technique, clinical competencies predominantly involve psychomotor skills acquired through direct practice. Traditionally, training occurs on patients under the supervision of tutors or experienced residents. However, students often report insecurity when treating patients for the first time. Moreover, the traditional model assesses skills through tutor observation, which can compromise the quality of feedback, especially in large classes. In response to these limitations, new approaches seek to enhance students' clinical skills and ensure patient safety. In this context, virtual simulators emerge as a viable alternative for training, allowing interactions with a virtual environment that simulates reality. These simulators reduce costs and risks associated with conventional training while offering more opportunities for practice and real-time assessment of students' skills. This study reinforces the hypothesis that assessing users' cognitive and psychomotor skills in virtual reality environments is possible. This work proposes a complementary alternative to traditional training that focuses on assessing the acquisition of skills in spinal anesthesia through virtual reality simulation to explore the benefits of virtual simulators. To this end, experts defined the essential components for assessing this technique. Subsequently, the team developed an intelligent assessment model based on a rule-based system that provides relevant and enlightening feedback on user skills using metrics specific to spinal anesthesia techniques. Additionally, developers created a virtual simulator to support training and assessment aimed at training anesthesiology residents. The simulator incorporates tactile interaction resources and allows users to assess their skills after training. The system records the actions performed during training and generates a detailed report on user performance. The evaluation model underwent validation through tests conducted in random scenarios, encompassing all possible types of feedback provided by the simulator in the evaluation report. The simulator was tested for usability aspects using the System Usability Scale questionnaire. The overall average, calculated based on individual scores, reached 78.8 (minimum = 60; maximum = 90; range = 30), classifying the simulator as excellent. Thus, we conclude that evaluating the user's cognitive and psychomotor skills regarding spinal anesthesia in virtual reality environments is feasible. Furthermore, frequent participation of specialists contributes to detailing information and enhancing the educational approach of virtual simulators for training, consequently improving the quality of the application.*

**Keywords:** Virtual reality. Spinal anesthesia. Computer simulation. Simulation training. Evaluation model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura típica de um sistema baseado em regras. . . . .	26
Figura 2 – Representação da " <i>Continuum</i> de Virtualidade". . . . .	28
Figura 3 – Habilidades abordadas nos simuladores virtuais. . . . .	35
Figura 4 – Estruturas que a agulha deve atravessar na anestesia raquidiana. . . . .	43
Figura 5 – Etapas da anestesia raquidiana. . . . .	61
Figura 6 – Arquitetura do AnesteSIM. . . . .	63
Figura 7 – Fluxograma do calibrador háptico de materiais 3D. . . . .	65
Figura 8 – Sistema HaptiCAL: (A) Tela inicial e (B) Demonstração de calibração háptica. . . . .	66
Figura 9 – Sequências para as ações da etapa PRÉ. . . . .	70
Figura 10 – <i>Feedback</i> avaliativo do AnesteSIM. . . . .	71
Figura 11 – Tela de menu inicial do AnesteSIM. . . . .	73
Figura 12 – Telas de menu para seleção do tipo de treinamento. . . . .	74
Figura 13 – Visão geral do bloco cirúrgico do AnesteSIM. . . . .	74
Figura 14 – Ação de antissepsia das mãos no AnesteSIM. . . . .	75
Figura 15 – Telas da fase INTER. . . . .	75
Figura 16 – Relatório de desempenho do usuário na fase PÓS. . . . .	76
Figura 17 – Escores individuais por voluntário com indicação da média do SUS e média deste estudo. . . . .	82
Figura 18 – Resultado simplificado ordenado do questionário SUS. . . . .	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos componentes de um SE. . . . .	26
Tabela 2 – Resumo dos principais resultados da revisão integrativa. . . . .	32
Tabela 3 – Simuladores para treinamento em anestesia. . . . .	48
Tabela 4 – Informações sobre os especialistas. . . . .	52
Tabela 5 – Questionário SUS. . . . .	56
Tabela 6 – Sequência de tarefas para a realização da anestesia raquidiana . . . . .	60
Tabela 7 – Perfis de pacientes simulados no AnesteSIM. . . . .	62
Tabela 8 – Ações a serem realizadas na etapa PRÉ da anestesia raquidiana . . . . .	68
Tabela 9 – Ações a serem realizadas na etapa INTER da anestesia raquidiana . . . . .	69
Tabela 10 – Ações a serem realizadas na etapa POS da anestesia raquidiana . . . . .	69
Tabela 11 – Cenários de teste para o modelo de decisão . . . . .	78
Tabela 12 – Informações sobre os voluntários da pesquisa, incluindo: número de identificação, formação acadêmica, ano de conclusão ou previsão de término da residência, instituição e estado onde a residência médica foi realizada ou está sendo realizada. . . . .	80
Tabela 13 – Escore individual e classificação obtidas a partir do questionário SUS . . . . .	81

## LISTA DE SIGLAS

EBC	Educação Baseada em Competências
LCR	Líquido cefalorraquidiano
RA	Realidade Aumentada
RE	Realidade Estendida
RM	Realidade Mista
RV	Realidade Virtual
SBR	Sistema Baseado em Regras
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
VA	Virtualidade Aumentada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO	15
1.2	RELEVÂNCIA	16
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.4	OBJETIVO	18
1.5	CONTRIBUIÇÕES	18
1.6	QUESTÃO DE PESQUISA	19
1.6.1	Hipótese	19
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>21</b>
2.1	PROCESSOS DE AQUISIÇÃO E AVALIAÇÃO DE HABILIDADES	21
2.1.1	Avaliação <i>Online</i> e Avaliação <i>Offline</i>	23
2.1.2	Modelos de Decisão para Avaliação em Saúde	24
2.2	TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O TREINAMENTO EM SAÚDE	27
2.3	AVALIAÇÃO EM SIMULADORES VIRTUAIS	31
2.4	TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA A EDUCAÇÃO EM ANESTESIOLOGIA	42
2.4.1	Simuladores para a Educação em Anestesiologia	44
2.5	CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	48
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>50</b>
3.1	ETAPAS DA ANESTESIA RAQUIDIANA	50
3.1.1	Consulta à Literatura Médica	50
3.1.2	Consulta a Especialistas	51
3.1.3	Percepção Tátil	53
3.2	REQUISITOS DE AVALIAÇÃO	53
3.3	REQUISITOS DO SISTEMA	54
3.4	AVALIAÇÃO DA USABILIDADE	55
3.4.1	Questionário SUS	56
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>57</b>
4.1	PROPOSTA DO SIMULADOR	57
4.1.1	Enredo	58
4.2	PÚBLICO-ALVO	58
4.3	REQUISITOS	58
4.4	ARQUITETURA	62
4.5	CALIBRAÇÃO HÁPTICA DE MATERIAIS 3D	64
4.6	AVALIAÇÃO DAS HABILIDADES DO USUÁRIO	67
4.7	CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	72
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>73</b>
5.1	SIMULADOR PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA RAQUIDIANA	73
5.2	MODELO DE DECISÃO PARA AVALIAÇÃO DE HABILIDADES	76

5.3	AVALIAÇÃO DE USABILIDADE . . . . .	79
5.3.1	Caracterização da Amostra . . . . .	79
5.3.2	Avaliação de usabilidade do AnesteSIM . . . . .	81
5.3.2.1	Facilidade de aprendizado . . . . .	82
5.3.2.2	Usabilidade . . . . .	83
5.3.2.3	Sugestões dos voluntários . . . . .	85
5.3.3	Considerações . . . . .	86
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>88</b>
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	88
6.2	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	90
6.3	PUBLICAÇÕES . . . . .	90
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICE A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA . . . . .</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SOBRE A CALIBRADOR DE PROPRIEDADES TÁTEIS DE MATERIAIS 3D . . . .</b>	<b>109</b>
	<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABI- LIDADE DO SIMULADOR PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA RAQUIDIANA . . . . .</b>	<b>117</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a contextualização e motivação da pesquisa, destacando sua relevância para o campo estudado. Também são abordados o problema de pesquisa e os objetivos a serem alcançados, além das contribuições para a área. A questão de pesquisa, acompanhada da hipótese, está delineada para orientar a investigação. Por fim, é descrita a estrutura do trabalho, facilitando a compreensão da organização desta tese.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

As novas tecnologias têm impulsionado mudanças no aprendizado e na formação de profissionais da área da Saúde (XIE *et al.*, 2021). Nesse contexto, os simuladores virtuais têm mostrado como é possível explorar novos caminhos para o treinamento e beneficiado campos de atuação, como a odontologia (TORI *et al.*, 2018a), a enfermagem (MACEDO *et al.*, 2015) e a medicina (GOMES; MACHADO, 2017). Uma simulação virtual consiste na representação digital de um ambiente ou tarefa real para desenvolver habilidades baseadas na visualização e interação do usuário com o ambiente virtual (MACHADO *et al.*, 2019). A partir da simulação virtual é possível construir a memória sensorial para desenvolver a habilidade de tomada de decisão e por isso tem sido cada vez mais utilizada para intervenções clínicas e para o processo educacional de profissionais da saúde (KAPP *et al.*, 2014).

Há várias tecnologias sendo aplicadas à aprendizagem imersiva, dentre elas estão a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), que são duas das principais tecnologias para aprendizagem simulada e interativa. Elas viabilizam a interação do usuário com um ambiente virtual reproduzindo, por meio de dispositivos computacionais, as sensações visuais, sonoras e táteis, favorecendo o desenvolvimento de sistemas para apoio ao ensino e treinamento (XIE *et al.*, 2021) (NUNES *et al.*, 2011). É importante ressaltar que a formação em habilidades interpessoais, além de habilidades técnicas, é um dos objetivos de muitas dessas aplicações (XIE *et al.*, 2021). O uso de simuladores virtuais pode reduzir os custos e riscos do treinamento tradicional, bem como proporcionar mais oportunidades de treinamento aos estudantes antes da prática e avaliação em tempo real de suas habilidades.

A anestesia raquidiana é um procedimento tecnicamente desafiador, que requer precisão e habilidade devido à necessidade de acesso e manipulação segura da coluna vertebral, além de

uma tomada de decisão rápida e precisa. As abordagens tradicionais de ensino geralmente se restringem a treinamentos práticos supervisionados em ambiente hospitalar, o que limita o tempo de prática e expõe os pacientes a potenciais riscos associados ao treinamento.

Este trabalho aborda a modelagem e implementação de um simulador virtual projetado para auxiliar no treinamento de médicos residentes em anestesia raquidiana, integrando RV e um dispositivo de interação tátil, com suporte para avaliação das habilidades do usuário. **Este estudo, portanto, defende a tese de que é possível avaliar as habilidades cognitivas e psicomotoras do usuário na realização da técnica de anestesia raquidiana em ambientes de RV.** Isso implica a concepção de um modelo de avaliação a partir da modelagem do conhecimento do especialista.

## 1.2 RELEVÂNCIA

A Educação Médica tem passado por transformações significativas, especialmente no que se refere aos métodos de formação de estudantes (SPARKS *et al.*, 2014). O modelo tradicional de treinamento envolve simulações com manequins em escala real, animais, cadáveres ou a prática direta em pacientes. No entanto, tais abordagens requerem preparação específica, levantam questões éticas (SUTHERLAND *et al.*, 2012) e frequentemente limitam a exposição dos aprendizes à variabilidade e complexidade dos cenários clínicos (SILVA *et al.*, 2018). Adicionalmente, a insegurança relatada por estudantes e profissionais inexperientes ao realizarem atendimentos pela primeira vez é um desafio comumente reportado (SALAS *et al.*, 2005).

Na área de anesthesiologia, particularmente na prática da anestesia raquidiana, essa insegurança é ainda mais acentuada devido à complexidade e precisão que o procedimento exige, dado que envolve a administração de anestésico diretamente na coluna vertebral. A anestesia raquidiana é amplamente utilizada em cirurgias de médio e grande porte, como cesarianas, cirurgias ortopédicas e abdominais. Sua correta aplicação impacta diretamente a segurança do paciente, reduzindo riscos de complicações, como lesões neurológicas e hipotensão severa. Assim, a capacitação adequada dos profissionais é essencial para garantir um procedimento seguro e eficaz, ressaltando a necessidade de aprimorar métodos de ensino e treinamento na área.

Nas residências em anesthesiologia, é comum a prática direta em pacientes sob a supervisão do professor ou residente mais experiente, mas essa abordagem pode expor pacientes a riscos e limita a prática repetitiva em um ambiente controlado. Nesse contexto, há uma crescente busca por novas técnicas que aprimorem as habilidades clínicas dos discentes, com o objetivo de

garantir a qualidade e a segurança do paciente (SILVA *et al.*, 2018).

Os simuladores de RV emergem como uma alternativa complementar promissora, pois possibilitam a interação do usuário em um ambiente virtual semelhante ao real, permitindo a prática repetida da anestesia raquidiana sem riscos para o paciente. Esses simuladores não apenas reduzem custos e riscos, mas também fornecem *feedback* avaliativo automático, facilitando a aquisição de habilidades e promovendo a confiança do aprendiz na execução do procedimento. Além disso, ao reduzir a necessidade de aprendizado direto em pacientes, esses simuladores contribuem para a segurança e qualidade dos cuidados em saúde, minimizando potenciais complicações associadas ao treinamento.

O uso de simuladores de realidade virtual no treinamento médico não apenas aprimora a capacitação dos profissionais, mas também tem um impacto direto na segurança do paciente. Ao permitir que residentes pratiquem a técnica de anestesia raquidiana em um ambiente seguro e controlado, o simulador reduz a necessidade de aprendizado diretamente em pacientes, minimizando riscos de complicações, erros técnicos e eventos adversos. Assim, o desenvolvimento de soluções tecnológicas para o treinamento médico representa um avanço significativo para a qualidade e segurança dos cuidados em saúde.

Dessa forma, torna-se necessário desenvolver abordagens específicas que favoreçam e estimulem o treinamento de residentes em anestesiologia na realização da anestesia raquidiana. Para isso, tais instrumentos devem incorporar suporte para *feedback* elucidativo e pertinente sobre as habilidades do aprendiz, permitindo que ele desenvolva e refine suas competências por meio da reflexão sobre suas ações durante a interação com a aplicação.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A literatura destaca a presença de propostas de simuladores virtuais destinados ao treinamento em várias áreas da Saúde. No entanto, observou-se que os simuladores especificamente voltados para a prática de anestesia raquidiana apresentam lacunas significativas, pois não oferecem mecanismos para a avaliação automática das habilidades do usuário. Ademais, muitos desses simuladores limitam-se às funções do anestesista, sem incluir a prática de habilidades psicomotoras essenciais. Assim, evidencia-se a necessidade de desenvolver um simulador virtual que integre essas características fundamentais, proporcionando um treinamento mais abrangente e eficaz na técnica de anestesia raquidiana.

## 1.4 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo aprimorar o treinamento em anestesia raquidiana por meio da avaliação da aquisição de habilidades dos usuários, com base em métricas específicas da técnica, utilizando simulação integrada em RV, com ênfase na avaliação das habilidades psicomotoras e cognitivas. Pretende-se representar as sensações táteis da anestesia raquidiana e proporcionar mais oportunidades de treinamento com avaliação das habilidades, podendo assim auxiliar na confiança dos residentes e anestesistas inexperientes ao realizar a técnica pela primeira vez. Nesta perspectiva, alguns objetivos específicos foram esboçados durante a concepção do projeto, sendo eles:

- Definir os componentes essenciais para a avaliação da técnica de anestesia raquidiana.
- Elaborar um modelo de avaliação destinado a fornecer *feedback* sobre as habilidades dos usuários, fundamentado em métricas específicas da técnica de anestesia raquidiana.
- Desenvolver um protótipo de simulador virtual destinado a apoiar o treinamento e avaliação no contexto da simulação e RV, direcionado à formação de médicos residentes em anesthesiologia.

## 1.5 CONTRIBUIÇÕES

A principal contribuição desta proposta é a concepção de um simulador baseado em RV destinado a auxiliar no treinamento em anestesia regional, abrangendo ensino, aprendizagem e avaliação das habilidades do usuário. A avaliação das habilidades fundamenta-se em objetivos educacionais sistematizados pela Taxonomia de Bloom (BLOOM *et al.*, 1973) e considera métricas extraídas da literatura médica, além de entrevistas frequentes realizadas com especialistas.

O simulador virtual poderá auxiliar o treinamento de habilidades em anestesia raquidiana, permitindo que o aprendiz vivencie uma maior variedade e complexidade de casos clínicos de maneira prática e acessível, promovendo, assim, maior segurança em sua prática profissional. O simulador inclui o desenvolvimento de um módulo de avaliação, que fornece um relatório sobre as ações dos usuários ao término de cada sessão de treinamento, possibilitando o acompanhamento do progresso nas habilidades dos estudantes.

Para validar o simulador de RV, a participação de professores e estudantes da residência em anesthesiologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) inicia-se na etapa de validação

de requisitos, com o intuito de calibrar as propriedades hápticas do simulador e extrair métricas para avaliação, estendendo-se até os testes de funcionalidade e usabilidade. Este *software* será registrado na lista de patentes atribuídas à universidade. Por fim, todas as pesquisas realizadas e apresentadas neste trabalho estarão disponíveis para consulta tanto *online*, no site da pós-graduação, quanto em formato físico na biblioteca central da UFPB.

## 1.6 QUESTÃO DE PESQUISA

Com base no objetivo estabelecido, foi definida a seguinte questão de pesquisa norteadora:

- QP1: É possível avaliar as habilidades cognitivas e psicomotoras do usuário na realização da técnica de anestesia raquidiana em ambientes de RV?

### 1.6.1 Hipótese

QP1 - H0: É possível avaliar as habilidades cognitivas e psicomotoras do usuário na realização da técnica de anestesia raquidiana em ambientes de RV.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** Revisa os principais conceitos e estudos relevantes para a pesquisa, abordando os processos de aquisição e avaliação de habilidades, tecnologias digitais para o treinamento em saúde e a utilização de simuladores virtuais.
- **Capítulo 3 - Materiais e Métodos:** Apresenta os métodos empregados na definição dos requisitos, na implementação do simulador para treinamento em anestesia raquidiana e na avaliação das habilidades do usuário, incluindo a análise da usabilidade do sistema.
- **Capítulo 4 - Desenvolvimento:** Descreve o processo de desenvolvimento do simulador, incluindo a proposta, o público-alvo e as características técnicas.
- **Capítulo 5 - Resultados:** Apresenta e discute os resultados obtidos.

- **Capítulo 6 - Considerações finais:** Apresenta as considerações finais, as sugestões para pesquisas futuras e as publicações resultantes deste estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são estabelecidos os fundamentos necessários para a compreensão desta tese. Primeiramente, apresenta-se uma discussão sobre a definição da avaliação da aprendizagem e o emprego de modelos de decisão para a avaliação em saúde (Seção 2.1). Em seguida, é fornecida uma visão geral sobre o uso de tecnologias digitais no treinamento em saúde, discutindo-se os trabalhos mais relevantes da área com base em uma revisão integrativa da literatura (Seção 2.2). Também é apresentado como ocorre a avaliação em simuladores virtuais (Seção 2.3). Posteriormente, são abordadas as definições de anestesia raquidiana, descrevendo-se estudos empíricos que demonstram o uso de tecnologias digitais no ensino da anestesiologia (Seção 2.4).

### 2.1 PROCESSOS DE AQUISIÇÃO E AVALIAÇÃO DE HABILIDADES

O processo de aprendizagem envolve a aquisição de novos conhecimentos, o desenvolvimento de competências e a modificação do comportamento. Este processo pode ser dividido em três estágios distintos: o estágio do "saber", que abrange a compreensão das informações; o estágio do "saber fazer", que requer a assimilação, interpretação e aplicação crítica do conhecimento em contextos práticos (PIAGET, 1950); e o estágio do "saber ser", que foca no desenvolvimento de atitudes e comportamentos adequados à prática profissional, promovendo a capacidade de reflexão e tomada de decisões em diversas situações (ANTUNES, 2011). Cada um desses estágios desempenha um papel fundamental na formação do aprendiz.

A avaliação da aprendizagem exerce uma função crucial na construção do conhecimento, uma vez que verifica se os objetivos educacionais estão sendo atingidos e identifica potenciais dificuldades no processo de ensino-aprendizagem. Essa avaliação transcende a mera mensuração do desempenho dos estudantes, permitindo a identificação das competências adquiridas a partir de aspectos quantitativos e qualitativos do comportamento humano. Assim, a avaliação não apenas quantifica o progresso, mas também proporciona uma compreensão de como os estudantes aprendem (LOWRY, 1993).

Embora uma prática profissional de excelência exija um embasamento teórico sólido, a experiência prática é imprescindível para o desenvolvimento de competências. A Educação Baseada em Competências (EBC) representa uma transição dos métodos convencionais de treinamento para um enfoque na melhoria das habilidades clínicas, conhecimentos e competências

essenciais que os profissionais devem dominar para atender às demandas dos pacientes e da comunidade (KATOUE; SCHWINGHAMMER, 2020). A competência é definida como a capacidade de um indivíduo mobilizar um conjunto integrado de recursos para abordar de maneira eficaz uma variedade de problemas. A distinção entre competência e desempenho é destacada, na qual competência refere-se à habilidade potencial e desempenho à sua manifestação observável (SCALLON, 2017).

O domínio das competências é evidenciado pela atuação em situações práticas, incentivando os estudantes a aprender por meio de atividades ativas. A construção dessas competências depende não apenas do acúmulo de conhecimento, mas também da capacidade de pensamento crítico e da autonomia para identificar e resolver problemas. Portanto, uma prática profissional eficaz requer a integração e aplicação de conhecimentos teóricos em contextos práticos (GONTIJO, 2003; COLES, 1998).

A competência implica a habilidade de reunir e combinar conhecimentos especializados, recursos e habilidades para solucionar desafios em um cenário profissional específico (PERRENOUD, 1999). Os estudantes adquirem essas habilidades por meio da assimilação do conteúdo, prática e atitudes em relação ao conhecimento (GONTIJO, 2003). Na taxonomia de objetivos educacionais de Bloom, essas habilidades são classificadas em três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor (BLOOM *et al.*, 1973).

O domínio cognitivo classifica os objetivos educacionais por níveis de complexidade, exigindo que o estudante domine as habilidades do nível atual antes de progredir. O domínio afetivo abrange o aspecto emocional, englobando como um indivíduo lida com sentimentos, comportamentos e emoções. O domínio psicomotor se concentra na aquisição de habilidades que integram ações musculares e processos cognitivos (BASTABLE *et al.*, 2019). A classificação de Dave para o domínio psicomotor, amplamente reconhecida, consiste em cinco categorias: imitação, manipulação, precisão, articulação e naturalização (DAVE, 1970a). As categorias são descritas a seguir:

- **Imitação:** Refere-se à observação de uma habilidade e à tentativa de reproduzi-la.
- **Manipulação:** Envolve a capacidade de seguir instruções, memorizar procedimentos e reproduzi-los com eficácia.
- **Precisão:** Refere-se à execução exata de uma habilidade, independentemente de ajuda externa.

- **Articulação:** Consiste na combinação de várias habilidades para alcançar um objetivo que vai além do convencional.
- **Naturalização:** Denota o domínio inconsciente da atividade, onde o indivíduo se torna um perito.

A avaliação do domínio psicomotor é fundamental para garantir que as competências estejam sendo desenvolvidas ao longo da formação, representando uma parte essencial do processo de ensino-aprendizagem e funcionando como um recurso valioso para aprimorar as habilidades dos estudantes (TRONCON, 1996). Nesse sentido, o currículo da educação médica tem evoluído, especialmente em relação às abordagens de treinamento, incorporando antecipação e diversidade de cenários. O modelo pedagógico dos cursos enfatiza estratégias que favorecem a aprendizagem prática e a utilização de ferramentas eficazes para avaliar esse processo. A avaliação do domínio psicomotor oferece uma observação direta das habilidades adquiridas pelos estudantes. As simulações virtuais, que aprimoram a destreza motora, desempenham um papel significativo na realização dos objetivos educacionais relacionados ao domínio psicomotor.

#### 2.1.1 Avaliação *Online* e Avaliação *Offline*

Para a condução eficaz do processo de avaliação, é fundamental fornecer ao estudante um retorno sistemático sobre seu desempenho (*feedback*). O *feedback* constitui um recurso pedagógico essencial para o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades, pois possibilita ao estudante refletir criticamente sobre sua própria atuação. A formulação do *feedback* envolve a análise das ações do aprendiz durante o treinamento prático, podendo ser classificada em avaliação *offline* e avaliação *online* (MORAES; MACHADO, 2003).

A avaliação de habilidades *offline* consiste na observação e registro das atividades, as quais são posteriormente analisadas por um profissional da área, resultando em um relatório que é compartilhado com o estudante. No entanto, essa abordagem enfrenta desafios, como atrasos na entrega do *feedback* e uma carga de trabalho substancial para o instrutor. Em contrapartida, a avaliação de habilidades *online* permite o monitoramento em tempo real das ações do usuário, coletando dados como ângulos e força, que são então comparados com padrões de desempenho predefinidos por especialistas. Uma característica importante da avaliação *online* é a rapidez na obtenção do *feedback*. Diferente da avaliação *offline*, que pode levar horas ou dias para gerar um retorno ao usuário, a avaliação *online* permite que os resultados sejam processados

imediatamente, com um tempo de resposta geralmente inferior a 1 segundo. Essa agilidade possibilita ao usuário um acompanhamento contínuo do próprio desempenho, favorecendo o aprendizado e a correção de erros de forma dinâmica (MORAES; MACHADO, 2003).

Ademais, essa modalidade de avaliação incorpora modelos matemáticos, estatísticos e técnicas de inteligência computacional para auxiliar na tomada de decisões. Nesse contexto, a avaliação *online* apresenta um potencial significativo para promover uma compreensão objetiva do progresso individual, incentivando o aprimoramento contínuo das habilidades por meio da reflexão sobre as ações do estudante durante o treinamento.

### 2.1.2 Modelos de Decisão para Avaliação em Saúde

A avaliação pode auxiliar no acompanhamento e melhoria da aprendizagem dos estudantes. Quando integrada a aplicações digitais, especialmente na área da saúde, ela pode resultar em métodos de *feedback* mais robustos do que os métodos de avaliação tradicionais (avaliação *offline*). A realização de avaliações objetivas e padronizadas de habilidades tem sido um desafio em diversas práticas na Educação em Saúde (ROSS *et al.*, 1988; BAUMAN, 2012).

A inteligência artificial (IA) é uma área da Ciência da Computação que apresenta diversas técnicas para o desenvolvimento de aplicações capazes de tomar decisões de maneira semelhante aos seres humanos (FUNGE, 2004). No campo da saúde, a IA tem sido utilizada, entre outras finalidades, para identificar o nível de conhecimento do usuário e, a partir desse conhecimento, tomar decisões para avanços na aplicação (MACHADO *et al.*, 2011). Assim, é necessário definir, ainda durante a fase de planejamento, o método de IA a ser utilizado, considerando o propósito da aplicação. Diversas técnicas são previstas na literatura para esse fim.

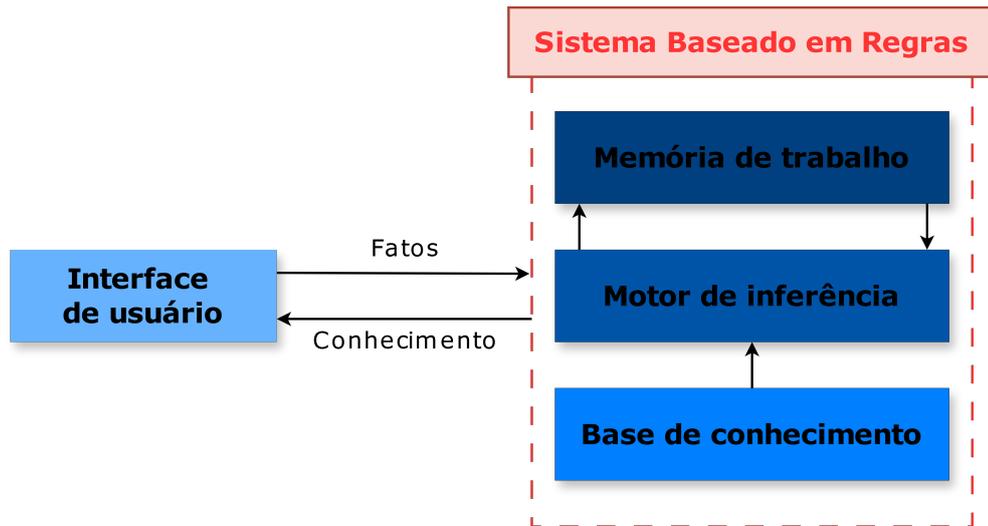
Em seu estudo, Burdea *et al.* (1998) apresentaram a primeira proposta de avaliação de habilidades *online* em simulações, baseada na lógica booleana. Esse método de avaliação comparou os diagnósticos fornecidos pelos usuários com os corretos armazenados no simulador (BURDEA *et al.*, 1998). Estudos subsequentes propuseram métodos de avaliação mais complexos, capazes de lidar com a granularidade da informação. O estudo de Machado e Moraes (2012), por exemplo, apresentou um simulador para treinamento em coleta de medula óssea baseado em RV, com visualização 3D, interação tátil, detecção de colisão e avaliação do usuário. Os autores realizaram uma comparação entre métodos de avaliação de treinamento, onde o instrumento de avaliação baseado na regra *fuzzy bayes* proporcionou alta precisão nos resultados (MACHADO; MORAES, 2012).

Neste contexto de modelagem do conhecimento, está inserido o Sistema Baseado em Regras (SBR), que utiliza um conjunto de regras lógicas para a inferência de conclusões a partir de informações fornecidas. A ideia central de um sistema baseado em regras é integrar conhecimentos de domínio em uma estrutura que permita a usuários não-especialistas obter *feedback* por meio de um processo de inferência automatizado. Esses sistemas são projetados para serem interativos, utilizando julgamentos, regras práticas gerais e experiências acumuladas para oferecer sugestões e soluções em diversas áreas de conhecimento (DURKIN; DURKIN, 1998).

No método de SBR, a elaboração de regras é conduzida de maneira procedural, utilizando a estrutura "se-então". Essas regras estabelecem relações lógicas entre conceitos dentro do domínio do problema em questão. A sua estrutura genérica pode ser delineada conforme a seguinte descrição:

**SE** <condição (ões)> **ENTÃO** <ação(ões)>

Esses sistemas são compostos por quatro componentes principais: base de conhecimento, motor de inferência, memória de trabalho e interface de usuário (Figura 1). A base de conhecimento armazena regras e fatos, onde as regras são expressas como proposições condicionais e os fatos representam o estado atual do conhecimento do sistema. O motor de inferência aplica as regras aos fatos para derivar novas conclusões ou ações. A memória de trabalho é o componente responsável por armazenar o conhecimento concreto, ou seja, os fatos que são considerados válidos antes do início do processo de inferência. A interface de usuário facilita a interação, permitindo a inserção de fatos e a obtenção de inferências (RUSSELL; NORVIG, 2016). A Tabela 1 fornece uma descrição mais detalhada desses componentes.



**Figura 1 – Arquitetura típica de um sistema baseado em regras.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

**Tabela 1 – Descrição dos componentes de um SE.**

Componente	Descrição
Base de conhecimento	Conjunto de informações necessárias para resolver um problema específico. Esse conhecimento é extraído a partir de fatos, heurísticas (como experiências, opiniões, julgamentos, previsões e algoritmos) e relações formalizadas por especialistas em um determinado domínio. O conhecimento pode ser representado utilizando diversas técnicas, como redes semânticas e regras de produção (METAXIOTIS <i>et al.</i> , 2002).
Memória de trabalho	Componente responsável por armazenar os fatos concretos, ou seja, informações consideradas verdadeiras antes do início do processo de inferência. Esses fatos são fornecidos pelo usuário ou por outras fontes de informação e representam o estado atual do problema. A memória de trabalho é transitória, sendo continuamente atualizada à medida que novos fatos são adicionados e outros são removidos (RUSSELL; NORVIG, 2016).
Motor de inferência	Componente central de um SE, encarregado de aplicar os fatos, heurísticas e relações contidos na base de conhecimento durante o processo de resolução de problemas. Esse motor utiliza informações relevantes da base de conhecimento para derivar soluções. Normalmente, ele emprega um mecanismo de correspondência que integra as informações da base de conhecimento, gerando conclusões ou novos fatos que atualizam e enriquecem essa base (IGNIZIO, 1991).
Interface de usuário	Responsável por mediar a interação entre o usuário e o sistema, sendo geralmente constituída por componentes de visualização e diagnóstico. Além disso, pode incluir interfaces de comunicação com ferramentas externas, como bancos de dados.

Fonte: Elaborada pelo autor baseado na literatura.

A principal contribuição dos SBR reside na habilidade de organizar e formalizar processos decisórios por meio de regras explicitamente definidas, possibilitando sua aplicação em diversas áreas, como automação de processos, monitoramento de sistemas e suporte à tomada de decisões em tempo real. Esses sistemas destacam-se pela flexibilidade operacional, uma vez que as regras contidas na base de conhecimento podem ser alteradas ou atualizadas sem a necessidade

de modificação do código subjacente, o que facilita a manutenção e promove maior eficiência.

Além disso, a relevância dos SBR está associada à sua transparência. Ao contrário dos modelos de aprendizado de máquina, frequentemente classificados como "caixas-pretas", os SBR são facilmente interpretáveis e oferecem justificativas claras para suas decisões, característica fundamental em cenários que exigem rastreabilidade. Outro aspecto vantajoso é a independência entre a base de conhecimento e o motor de inferência, permitindo a incorporação de novos fatos e a geração de inferências em tempo real, sem comprometer a continuidade do sistema. Essa adaptabilidade dinâmica a mudanças garante que os SBR mantenham sua aplicabilidade em ambientes caracterizados por condições e dados em constante evolução.

## 2.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O TREINAMENTO EM SAÚDE

A Realidade Estendida (RE) consiste na ampliação das experiências humanas por meio de tecnologias avançadas, caracterizando-se por proporcionar interações que englobam todos os sentidos humanos através de simulações digitais. As ferramentas baseadas em RE visam proporcionar imersão e interatividade, oferecendo respostas em tempo real às ações do usuário. Este objetivo é alcançado por meio de simuladores virtuais que incorporam elementos visuais, táteis, sonoros e outros aspectos realistas. Assim, a RV, a RA e a Realidade Mista (RM) integram o amplo espectro da RE (MILGRAM; KISHINO, 1994).

Essas tecnologias têm como ponto de partida o ambiente real. A adição de elementos computacionais ao ambiente real resulta na RA. À medida que mais elementos virtuais são incorporados ao mundo real, avança-se para a Virtualidade Aumentada (VA), frequentemente pouco discutida na literatura e frequentemente considerada parte da RA. A RM envolve a fusão de elementos do mundo real com elementos virtuais, abrangendo tanto a RA quanto a VA. Em contraste, a RV permite a imersão completa do usuário em um ambiente tridimensional, onde é possível manipular objetos e realizar diversas ações originadas no mundo real. As particularidades de cada uma dessas tecnologias são destacadas na Figura 2.



**Figura 2 – Representação da "Continuum de Virtualidade".**

Fonte: Milgram e Kishino, 1994.

A RV tem se destacado em diversas áreas do conhecimento, incluindo engenharia, arquitetura, negócios e entretenimento (SAGGIO; FERRARI, 2012). No campo da saúde, a RV desempenha um papel significativo ao proporcionar novas perspectivas para avanços em tratamentos terapêuticos, treinamento clínico e ferramentas de apoio à prática profissional. As ferramentas de RV utilizam dispositivos computacionais para interação, os quais têm evoluído para representar de maneira cada vez mais precisa a interação real em ambientes virtuais. Isso resulta em ferramentas realistas e seguras, que não apresentam riscos à saúde dos pacientes e auxiliam no treinamento dos profissionais, fornecendo *feedback* em tempo real sobre sua prática clínica.

Na literatura, diversas propostas de simulações virtuais para medicina foram identificadas. Por exemplo, Vankipuram *et al.* (2013) desenvolveram um simulador baseado em RA para treinar procedimentos de laparoscopia. Este simulador observa o desempenho dos aprendizes, medindo o tempo para completar a atividade, erros cometidos, entre outros fatores, com o objetivo de treinar habilidades como coordenação mão-olho, destreza manual e precisão. A solução foi avaliada por cirurgiões e estudantes de medicina de diferentes níveis de experiência, com *feedback* fornecido pela ferramenta através de uma pontuação baseada nos erros e acertos durante as atividades testadas.

O trabalho de Paolis (2012) apresenta um jogo sério para avaliação das habilidades na realização de sutura laparoscópica utilizando um fio e duas pinças controladas por interfaces hápticas (táteis). Por definição, um jogo sério é um jogo digital desenvolvido para integrar um conteúdo educativo específico (MACHADO *et al.*, 2011). O objetivo desse estudo foi melhorar a capacidade de manipulação dos instrumentos cirúrgicos e ensinar técnicas de realização do nó de sutura. Assim como o estudo de Vankipuram *et al.* (2013), o estudo de Paolis visou capacitar estudantes de medicina a adquirir boa coordenação olho-mão, crucial na cirurgia laparoscópica.

Ribeiro e Nunes (2014) e Jeon *et al.* (2011) propõem simuladores de palpação mamária com *feedback* háptico. Ribeiro e Nunes apresentam um simulador de RV focado na avaliação do

*feedback* háptico, enquanto Jeon *et al.* desenvolvem um simulador de Realidade Aumentada (RA) para testar um algoritmo de renderização de chave. Ambos os trabalhos são protótipos ainda não testados com o público alvo. Para o treinamento de inserção de agulha espinhal, Sutherland *et al.* (2012) desenvolveram um simulador que permite inserções simuladas em um manequim físico com sobreposição de RA da anatomia do paciente. O sistema permite o treinamento sem a necessidade da presença de um clínico treinado ou acesso a pacientes vivos ou cadáveres. As forças criadas pelo sistema foram registradas durante a inserção virtual e comparadas com os resultados descritos da literatura médica.

Zadow *et al.* (2013) apresentam o SimMed, um sistema que permite a estudantes de medicina diagnosticar e tratar colaborativamente um paciente virtual usando uma mesa interativa que combina elementos de RV com entrada multitoque. Para o treinamento em intubação, Mani e Li (2013) propõem um ambiente 3D interativo em tempo real baseado na web, permitindo aos estudantes comparar seus procedimentos cirúrgicos com os de cirurgiões experientes, focando em pontos de pressão e manuseio correto da ferramenta cirúrgica. Wijdenes *et al.* (2018) descrevem um sistema de simulação audível de RA móvel para sopros cardíacos, com *feedback* sonoro. Um estudo piloto mostrou diferenças significativas entre o uso de interfaces visuais e não visuais. Soares (2019) apresenta um simulador de RV para exame ginecológico, destacando-se pelo sistema de avaliação que usa uma fusão de métodos de avaliação *fuzzy naive bayes* e Granularidade Computacional, resultando em melhor desempenho comparado aos métodos individuais.

Para o treinamento e aperfeiçoamento de habilidades em oftalmologia, Toledo *et al.* (2017) descrevem a construção de um simulador de RV com propriedades hápticas. Jayakumar *et al.* (2015) propõem uma simulação de RV para cirurgia de catarata, permitindo interação por gestos com as mãos, capturados por um dispositivo de reconhecimento de movimento, com *feedback* em tempo real. A simulação permite repetir etapas do procedimento até que a destreza seja adquirida. Paiva *et al.* (2018) apresentam o SimCEC, um simulador colaborativo de RV para procedimentos cirúrgicos básicos, proporcionando educação, treinamento e avaliação para equipes de estudantes da área da saúde. Ao final da simulação, um relatório de desempenho é gerado, exibindo todas as variáveis e pontuações relevantes.

Macedo (2015) apresenta uma simulação de RV para a administração de medicamentos injetáveis, com retorno háptico e modelagem de métricas para avaliação do usuário. Para estudantes de optometria, Wei *et al.* (2012) desenvolveram uma simulação de RA que, com o

auxílio de um manequim, dispositivo háptico e óculos especiais, visa aprimorar o treinamento na remoção de corpos estranhos. A simulação fornece *feedback* tátil, avisos em tempo real e exibição da magnitude da força aplicada.

O treinamento de profissionais também é abordado nas simulações virtuais. O projeto EMERGENZA (BARTOLI *et al.*, 2012), por exemplo, visa a simulação e treinamento de pessoal médico e paramédico em medicina de emergência, reproduzindo cenários pré-hospitalares críticos de forma reconfigurável e avaliando o desempenho dos jogadores por meio da dinâmica do jogo e *feedback* contínuo. Para a formação de enfermeiros, foram desenvolvidos simuladores voltados à medição de pulso, como o trabalho de *Kandee et al.* (2016), que consiste em uma simulação de RA com *feedback* de força, calculando a taxa de pulso e a força a serem aplicadas apenas no ponto correto.

Os simuladores virtuais têm contribuído significativamente para a odontologia. Na endodontia, Bogoni e Pinho (2014) desenvolveram um simulador háptico de RV para a limpeza e modelagem dos canais radiculares, registrando as ações do usuário e exibindo a sequência técnica aplicada ao final. Ribeiro e Oliveira (2019) apresentaram um protótipo de simulador de RV para o treinamento em obturação, utilizando um dispositivo háptico e representação do instrumento clínico. Em Implantodontia, Pires *et al.* (2016) criaram um simulador de RV que oferece uma experiência imersiva e interativa, destacando a sensação de diferentes níveis de resistência óssea durante a perfuração. Finalmente, Wang *et al.* (2015) desenvolveram o sistema iDental para periodontia, que simula a preparação da cavidade, remoção de cárie e outros exercícios de destreza manual.

Em conclusão, a diversidade de simuladores virtuais na saúde ilustra um avanço importante no treinamento e aperfeiçoamento de habilidades para estudantes e profissionais. Essas tecnologias não apenas proporcionam experiências imersivas e realistas, mas também oferecem ferramentas para avaliação e *feedback* oportuno — entendido como a devolutiva oferecida no momento exato em que se mostra necessária, evitando tanto a antecipação, que pode gerar dependência, quanto o atraso, que compromete a efetividade da aprendizagem —, contribuindo para a melhoria contínua das práticas clínicas. A evolução contínua desses simuladores destaca a importância de sua integração na formação médica e no desenvolvimento profissional, potencializando a capacidade dos profissionais de saúde em diversas especialidades.

### 2.3 AVALIAÇÃO EM SIMULADORES VIRTUAIS

A literatura apresenta uma gama de estudos focados em simuladores voltados para diferentes áreas da saúde, com o propósito de oferecer imersão e interação para o treinamento de procedimentos clínicos. Esta seção apresenta uma revisão integrativa realizada pelo autor deste estudo de tese, publicada na Revista Brasileira de Educação Médica sob o título "*Virtual simulations for health education: how are user skills assessed?*". O objetivo desta revisão foi examinar a utilização de ferramentas de simulação virtual no treinamento em saúde, com ênfase na avaliação das habilidades clínicas. A Tabela 2 resume os principais resultados obtidos. A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos a partir deste estudo de revisão.

**Tabela 2 – Resumo dos principais resultados da revisão integrativa.**

Tema	Abordagem	Referências
Definição de variáveis	Especialistas	(MANI; LI, 2013), (SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018), (GOMES; MACHADO, 2017), (GUPTA <i>et al.</i> , 2012), (WEI <i>et al.</i> , 2012), (BOGONI; PINHO, 2014), (SILVA <i>et al.</i> , 2015), (CHHEANG <i>et al.</i> , 2019), (RUGE-VERA <i>et al.</i> , 2015), (VANKIPURAM <i>et al.</i> , 2013), (LEUNG <i>et al.</i> , 2019), (GUPTA <i>et al.</i> , 2018), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019), (MAIER <i>et al.</i> , 2019), (SOARES <i>et al.</i> , 2019), (MITCHELL <i>et al.</i> , 2015), (DUMAS <i>et al.</i> , 2016), (TOLEDO <i>et al.</i> , 2017), (AZAR <i>et al.</i> , 2020), (JAYAKUMAR <i>et al.</i> , 2015), (WIJDENES <i>et al.</i> , 2018), (SABRI <i>et al.</i> , 2010), (PETRINEC <i>et al.</i> , 2014), (CORRÊA <i>et al.</i> , 2013), (MENDES <i>et al.</i> , 2020), (WANG <i>et al.</i> , 2015), (YU <i>et al.</i> , 2020), (PAN <i>et al.</i> , 2020), (MURIEL-FERNÁNDEZ <i>et al.</i> , 2019), (PAIVA <i>et al.</i> , 2018), (ZADOW <i>et al.</i> , 2013), (MOURA <i>et al.</i> , 2019), (KLEVEN <i>et al.</i> , 2014), (MACEDO <i>et al.</i> , 2015), (KORZENIOWSKI <i>et al.</i> , 2018), (TORI <i>et al.</i> , 2018a), (SOUZA-JUNIOR <i>et al.</i> , 2020), (IZARD <i>et al.</i> , 2017), (RIBEIRO <i>et al.</i> , 2018) (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2019).
	Literatura	(SUTHERLAND <i>et al.</i> , 2012), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019), (SOARES <i>et al.</i> , 2019), (MOURA <i>et al.</i> , 2019), (MACEDO <i>et al.</i> , 2015), (TOKUYASU <i>et al.</i> , 2015), (SEE <i>et al.</i> , 2016).
Habilidades	Técnicas	(SUTHERLAND <i>et al.</i> , 2012), (MANI; LI, 2013), (SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018), (GUPTA <i>et al.</i> , 2012), (WEI <i>et al.</i> , 2012), (BOGONI; PINHO, 2014), (SILVA <i>et al.</i> , 2015), (CHHEANG <i>et al.</i> , 2019), (RUGE-VERA <i>et al.</i> , 2015), (VANKIPURAM <i>et al.</i> , 2013), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019), (MAIER <i>et al.</i> , 2019), (SOARES <i>et al.</i> , 2019), (MITCHELL <i>et al.</i> , 2015), (DUMAS <i>et al.</i> , 2016), (TOLEDO <i>et al.</i> , 2017), (JAYAKUMAR <i>et al.</i> , 2015), (WIJDENES <i>et al.</i> , 2018), (SABRI <i>et al.</i> , 2010), (PETRINEC <i>et al.</i> , 2014), (CORRÊA <i>et al.</i> , 2013), (MENDES <i>et al.</i> , 2020), (WANG <i>et al.</i> , 2015), (YU <i>et al.</i> , 2020), (PAN <i>et al.</i> , 2020), (MURIEL-FERNÁNDEZ <i>et al.</i> , 2019), (PAIVA <i>et al.</i> , 2018), (ZADOW <i>et al.</i> , 2013), (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2019), (MOURA <i>et al.</i> , 2019), (KLEVEN <i>et al.</i> , 2014), (MACEDO <i>et al.</i> , 2015), (KORZENIOWSKI <i>et al.</i> , 2018), (TORI <i>et al.</i> , 2018a), (SOUZA-JUNIOR <i>et al.</i> , 2020), (IZARD <i>et al.</i> , 2017), (RIBEIRO <i>et al.</i> , 2018), (TOKUYASU <i>et al.</i> , 2015), (SEE <i>et al.</i> , 2016), (RIBEIRO; NUNES, 2014), (XIA; SOURIN, 2012), (ZHANG <i>et al.</i> , 2018), (BARTOLI <i>et al.</i> , 2012), (GOKSEL <i>et al.</i> , 2011), (KANDEE <i>et al.</i> , 2016), (MOSTAFA <i>et al.</i> , 2017), (WIJEWICKREMA <i>et al.</i> , 2015), (JEON <i>et al.</i> , 2011), (PAOLIS, 2012), (PIRES <i>et al.</i> , 2016), (YU <i>et al.</i> , 2011), (ZHENG <i>et al.</i> , 2011), (GOMES; MACHADO, 2017), (GUPTA <i>et al.</i> , 2018).
	Não-técnicas	(SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018), (GOMES; MACHADO, 2017), (CHHEANG <i>et al.</i> , 2019), (LEUNG <i>et al.</i> , 2019), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019), (PAIVA <i>et al.</i> , 2018), (ZADOW <i>et al.</i> , 2013), (KLEVEN <i>et al.</i> , 2014), (SEE <i>et al.</i> , 2016), (ZHANG <i>et al.</i> , 2018), (YU <i>et al.</i> , 2011), (RUGE-VERA <i>et al.</i> , 2015).
	Híbridas	(SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018), (GUPTA <i>et al.</i> , 2012), (RUGE-VERA <i>et al.</i> , 2015), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019), (AZAR <i>et al.</i> , 2020), (ZADOW <i>et al.</i> , 2013).
	Mecanismos de direcionamento em tempo real	(MANI; LI, 2013), (SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018), (WEI <i>et al.</i> , 2012), (BOGONI; PINHO, 2014), (SILVA <i>et al.</i> , 2015), (RUGE-VERA <i>et al.</i> , 2015), (VANKIPURAM <i>et al.</i> , 2013), (LEUNG <i>et al.</i> , 2019), (GUPTA <i>et al.</i> , 2018), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019), (TOLEDO <i>et al.</i> , 2017), (JAYAKUMAR <i>et al.</i> , 2015), (CORRÊA <i>et al.</i> , 2013), (MENDES <i>et al.</i> , 2020), (YU <i>et al.</i> , 2020), (MURIEL-FERNÁNDEZ <i>et al.</i> , 2019), (ZADOW <i>et al.</i> , 2013), (SOUZA-JUNIOR <i>et al.</i> , 2020), (SEE <i>et al.</i> , 2016), (ZHANG <i>et al.</i> , 2018), (BARTOLI <i>et al.</i> , 2012), (MOSTAFA <i>et al.</i> , 2017), (WIJEWICKREMA <i>et al.</i> , 2015).
Avaliação	Relatório de atividades	(SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018), (GOMES; MACHADO, 2017), (GUPTA <i>et al.</i> , 2012), (SILVA <i>et al.</i> , 2015), (RUGE-VERA <i>et al.</i> , 2015), (VANKIPURAM <i>et al.</i> , 2013), (SOARES <i>et al.</i> , 2019), (PETRINEC <i>et al.</i> , 2014), (MOURA <i>et al.</i> , 2019), (KLEVEN <i>et al.</i> , 2014), (MACEDO <i>et al.</i> , 2015), (PAOLIS, 2012), (BOGONI; PINHO, 2014), (SANKARAN <i>et al.</i> , 2019).
	Indicadores de progresso	(SILVA <i>et al.</i> , 2015), (TOLEDO <i>et al.</i> , 2017), (JAYAKUMAR <i>et al.</i> , 2015), (SABRI <i>et al.</i> , 2010), (IZARD <i>et al.</i> , 2017), (RIBEIRO <i>et al.</i> , 2018), (GOKSEL <i>et al.</i> , 2011), (KANDEE <i>et al.</i> , 2016), (MOSTAFA <i>et al.</i> , 2017).

Fonte: Elaborada pelo autor.

### Como são Definidas as Variáveis e os Parâmetros dos Simuladores Virtuais?

Neste estudo, consideram-se variáveis de um procedimento clínico os elementos que o compõem, como os instrumentos utilizados e as atividades a serem realizadas. Os parâmetros referem-se aos valores atribuídos a essas variáveis, que podem incluir a presença ou ausência

de determinados elementos, bem como intervalos de valores aceitáveis, como a profundidade e angulação da agulha ou a quantidade de fármacos para uma solução anestésica. Essas variáveis e parâmetros são usados para avaliar o desempenho do usuário e influenciam a acurácia e confiabilidade do simulador virtual.

A definição das variáveis e parâmetros nos ambientes virtuais analisados geralmente envolveu a participação de especialistas da área, representando mais de 70% dos estudos. Essa participação ocorreu por meio de grupos de pesquisa multidisciplinares ou por convite direto para que os especialistas participassem de etapas específicas da produção do simulador virtual. Também foi comum testar esses simuladores com especialistas. Contudo, não há um padrão definido para a participação desses profissionais, e as publicações raramente detalham os métodos e critérios para a seleção de especialistas, bem como a frequência da consultoria deles.

Foi constatado que as publicações não trazem indicações claras sobre dos métodos e critérios para seleção de especialistas. Além disso, é pouco evidente a frequência em que a consultoria deles ocorre. Considerando que a análise e definição de requisitos de um sistema é cíclica, essa etapa irá demandar a participação dos envolvidos em mais de um momento, por exemplo. As equipes multidisciplinares por sua vez, teoricamente, possibilitam a participação mais ativa e frequente dos profissionais de diferentes campos de atuação, podendo identificar variáveis e parâmetros com precisão influenciando na confiabilidade e acurácia do produto final. No que diz respeito à quantidade, foi identificado dois estudos onde apenas um especialista é consultado. Isso não deve ser uma limitação se houver mais profissionais envolvidos na etapa de validação.

Outra forma identificada para obter os requisitos é a partir da literatura médica, em torno de 13% dos estudos usam esse artifício e apenas aproximadamente 11% dos estudos combinaram a literatura com a presença de especialistas. A literatura é um dos recursos que tradicionalmente está presente na formação do profissional, de modo que basear-se em suas informações é confiável. Contudo, questionamos se pode haver limitações, uma vez que a experiência prática pode acrescentar observações que nem sempre são representadas em livros.

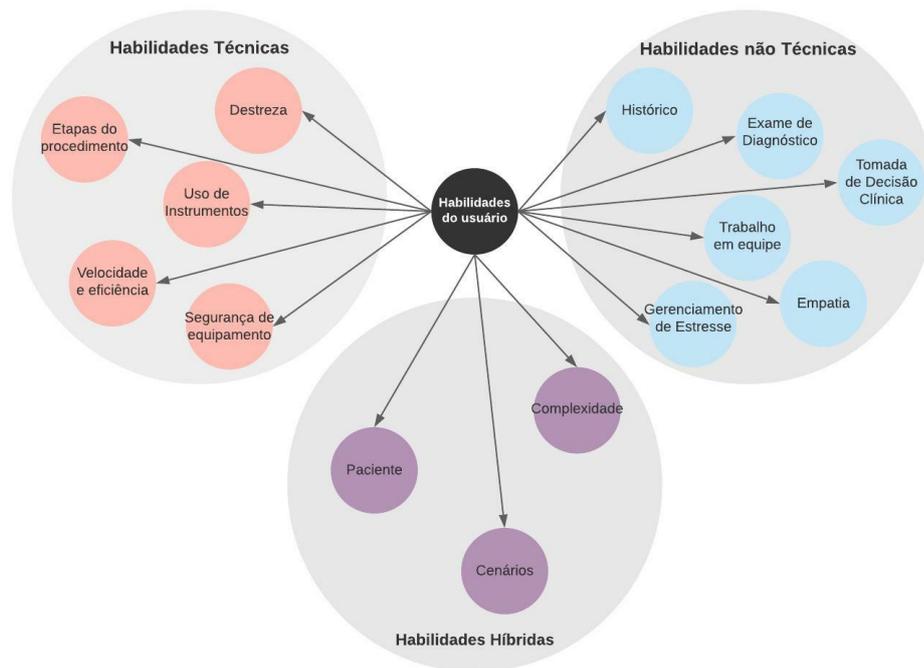
O processo de construção do conhecimento envolve três estágios: saber, saber fazer e saber ser. A literatura pode auxiliar na identificação de variáveis e parâmetros no nível do saber, enquanto os especialistas são essenciais para a obtenção de informações relacionadas ao saber fazer e saber ser. Portanto, é recomendável utilizar a literatura e a experiência prática dos especialistas de forma complementar para uma definição mais robusta e precisa das variáveis e

parâmetros nos simuladores virtuais.

Uma quantidade significativa de propostas não detalhou como foram definidas as variáveis e os parâmetros do simulador virtual, com 10 trabalhos não especificando essa informação. Embora metade desses trabalhos sugira a literatura, não detalham como as informações foram extraídas. A outra metade inclui ferramentas com *feedback* de força tátil, cujos testes abordaram aspectos de performance ou usabilidade, validados por estudantes e, em um caso, por especialistas. Um dos estudos focou exclusivamente na descrição da técnica proposta, sem detalhar a fonte das informações.

### **Quais habilidades são avaliadas?**

Huang *et al.* (2020), em sua revisão da literatura sobre simuladores baseados em RV para o treinamento em anestesia, categoriza as habilidades desenvolvidas pelos usuários nesses simuladores em três grupos: técnicas, não técnicas e híbridas (Figura 3). As habilidades técnicas abrangem o desenvolvimento psicomotor, o domínio sequencial das etapas e das ferramentas específicas dos procedimentos, além da eficiência e segurança durante a execução das práticas. As habilidades não técnicas relacionam-se à tomada de decisão, ao gerenciamento do estresse, à empatia em relação ao paciente e a outras competências associadas à lógica e à conduta profissional. Por último, as habilidades híbridas combinam simultaneamente o conhecimento técnico e a conduta profissional (HUANG *et al.*, 2020).



**Figura 3 – Habilidades abordadas nos simuladores virtuais.**

Fonte: Huang *et al.*, 2020.

Os estudos selecionados evidenciam um esforço predominante no desenvolvimento de habilidades técnicas dos aprendizes, especialmente no que tange ao conhecimento das etapas do procedimento (45 de 56 estudos), ao manuseio de ferramentas clínicas (38 de 56 estudos) e à destreza (38 de 56 estudos). A velocidade e a eficiência na execução dos procedimentos foram discutidas, contudo, varia de acordo com o tipo de procedimento e as decisões da equipe de desenvolvimento da simulação. Embora em alguns casos o tempo seja um fator crítico, muitos estudos priorizaram a realização correta do procedimento, independentemente da velocidade.

As simulações virtuais emergem como uma alternativa ao modelo tradicional de treinamento, que é predominantemente voltado para o desenvolvimento de habilidades técnicas. Embora exista potencial para a inclusão de habilidades híbridas, essa área ainda é pouco explorada. Três estudos identificados propõem a representação virtual de um paciente em um dispositivo computacional (RUGE-VERA *et al.*, 2015; SANKARAN *et al.*, 2019; ZADOW *et al.*, 2013). Nesses simuladores, os usuários recebem *feedback* visual em tempo real sobre os sintomas de um paciente simulado, onde a tomada de decisão, a velocidade e a precisão do diagnóstico podem influenciar o desfecho, resultando na cura ou na morte do paciente. Assim, esses estudos promovem tanto habilidades técnicas quanto não técnicas. No total, 11% dos trabalhos analisados abordaram habilidades híbridas (6 de 56).

No que diz respeito às habilidades não técnicas, foram discutidas a tomada de decisão

clínica, o diagnóstico, o trabalho em equipe e o gerenciamento de estresse, este último relacionado aos procedimentos de anestesia e convulsão (SHEWAGA *et al.*, 2018; RUGE-VERA *et al.*, 2015). As habilidades não técnicas representaram aproximadamente 25% dos estudos. A literatura relata que fatores emocionais, como a insegurança ao lidar com os primeiros pacientes, representam grandes desafios para novos profissionais (NEVALAINEN *et al.*, 2010). Assim, é fundamental que essas habilidades também sejam desenvolvidas nos simuladores virtuais de treinamento.

A dificuldade em garantir a participação constante de especialistas pode influenciar a acurácia e o desenvolvimento de novos simuladores virtuais, especialmente aqueles que abordam habilidades não técnicas e híbridas, os quais requerem a consideração de um número maior de aspectos a serem considerados, tanto para representá-los quanto para avaliar o aprendiz. Essa observação é corroborada pela constatação de que as simulações virtuais que tratam dessas habilidades são frequentemente desenvolvidas por equipes multidisciplinares, o que promove uma interação mais intensa entre os profissionais. Os simuladores de habilidades híbridas, por exemplo, foram quase que integralmente elaborados por equipes com essa composição.

### **Como ocorre a avaliação das habilidades?**

A forma de avaliação mais comum nos estudos analisados consiste em mecanismos de alerta e direcionamento em tempo real. Esses mecanismos fornecem ao usuário algum tipo de *feedback*, que pode ser oferecido através de mensagens, imagens, sons ou alertas para o instrutor, indicando se a ação executada está correta e sugerindo melhorias. A segunda forma de avaliação mais frequente é o registro das atividades realizadas pelo usuário, culminando na geração de um relatório ao final do treinamento, o que permite monitorar os acertos e identificar áreas de melhoria. Além disso, foram identificados indicadores de desempenho, os quais incluem: a) pontuação por acertos; b) retenção em determinada tarefa até sua correta conclusão; e c) a possibilidade de repetição da tarefa para aprimorar a prática. Esses indicadores servem como formas objetivas de avaliar se o desempenho esperado foi atingido e atuam como agentes motivadores, incorporando características de jogos.

Observou-se que uma proporção considerável de trabalhos (40%) tem como objetivo apresentar novas técnicas de simulação, como texturização e corte de tecidos humanos, ou aprimorar técnicas computacionais existentes. Esses estudos concentram-se quase exclusivamente em aspectos de engenharia, relegando a avaliação de competências a investigações futuras ou abordando-a de maneira superficial. Ademais, tais trabalhos não detalham informações

de avaliação. Os ambientes virtuais frequentemente oferecem apenas *feedback* de força tátil, que, embora essencial para o desenvolvimento de habilidades clínicas, em alguns casos não considera o processo de avaliação *online*, condicionando a avaliação das habilidades do usuário à presença de um supervisor (avaliação *offline*). Aproximadamente 43% dos simuladores virtuais requerem instrutores para a avaliação das habilidades do usuário. Além disso, independentemente dessa necessidade, 56% dos simuladores analisados exigem a presença de um instrutor para sua utilização. Outro aspecto relevante observado é que a maioria dos estudos utiliza dados simulados durante a realização de testes (MOURA *et al.*, 2019).

### **Como é verificada a eficácia do simulador virtual na aquisição de habilidade?**

A verificação da aquisição de habilidades pelos estudantes é um ponto crucial nos estudos analisados. Nos simuladores que utilizam mecanismos de alerta, a diminuição dessas mensagens é interpretada como uma redução de erros e, conseqüentemente, uma mudança comportamental. No entanto, é fundamental que o *feedback* seja oportuno. O mesmo se aplica aos indicadores de desempenho, que devem proporcionar ao estudante uma reflexão significativa sobre seu desempenho, evitando a simples repetição de tentativas e erros. No caso dos relatórios de desempenho, alguns trabalhos não especificam claramente como as informações são apresentadas. É essencial que esse *feedback* seja não apenas quantitativo, mas também qualitativo, oferecendo um retorno textual ou visual claro. Caso contrário, ainda será necessária a presença de um instrutor para completar o ciclo de treinamento.

Dos trabalhos selecionados, 36 (64%) requerem a presença de um instrutor para fornecer *feedback* sobre o desempenho do usuário na simulação virtual. Em 20 desses estudos, embora essa informação seja destacada, a necessidade do instrutor é implícita devido à ausência de mecanismos que orientem o aprendiz sobre as etapas a serem cumpridas e seu desempenho ao utilizar o simulador. Existem também dois estudos (BOGONI; PINHO, 2014; SANKARAN *et al.*, 2019) que podem requerer um instrutor em um módulo específico da simulação devido à interação em rede, que facilita discussões entre estudantes e profissionais.

A taxonomia de Bloom (BLOOM *et al.*, 1973) define a aprendizagem como um fenômeno plural e interativo, ocorrendo simultaneamente em três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor. Simulações virtuais que focam na destreza motora podem contribuir diretamente para alcançar objetivos educacionais no domínio psicomotor. Esse domínio envolve comportamentos que desenvolvem coordenação neuromuscular e se referem à aquisição de habilidades

que combinam ações musculares e cognição, necessárias para manipular objetos ou executar procedimentos (BASTABLE *et al.*, 2019). Embora Bloom e sua equipe não tenham definido uma taxonomia para o domínio psicomotor, outros o fizeram. A classificação de Dave (1970) para o domínio psicomotor, a mais citada, é composta por cinco categorias: **imitação** (observar e tentar repetir a habilidade), **manipulação** (seguir instruções e memorizar procedimentos), **precisão** (executar a habilidade com exatidão sem ajuda), **articulação** (combinar habilidades para atingir um objetivo fora do padrão) e **naturalização** (domínio inconsciente da atividade, tornando-se um perito) (DAVE, 1970b).

A categoria de naturalização geralmente não é contemplada em simulações virtuais, pois para se tornar perito, o aprendiz precisa de experiência prática com pacientes reais. Em relação à precisão, embora as simulações computacionais tenham potencial para uso autoguiado, a ausência dessa funcionalidade é comum e representa um desafio para alcançar os objetivos do domínio psicomotor, uma vez que a presença de um instrutor ainda é necessária. Quanto à articulação, a variabilidade nos casos clínicos abordados pelas simulações é um desafio, uma vez que é necessário prever a vasta gama de cenários clínicos possíveis para o mesmo procedimento. Isso reforça a necessidade da participação constante e ativa de especialistas do domínio.

Além das vantagens em termos de custos e aspectos táteis e visuais, uma das principais características dos simuladores virtuais é a possibilidade de uso a qualquer momento, sem a necessidade de supervisão, oferecendo *feedback* preciso e rápido sobre o desempenho. Essa potencialidade pode ser mais explorada. Embora os simuladores virtuais possam ser ferramentas eficientes para a aquisição de habilidades, o *feedback* ao usuário sobre suas ações durante a simulação desempenha um papel fundamental no processo de construção do conhecimento. Portanto, é importante que essas ferramentas ofereçam *feedback* personalizado, oportuno e ágil ao estudante. Como constatado, há poucos estudos que abordam a avaliação da aprendizagem e ao tratar-se de uma avaliação automática poucos trabalhos implementaram essa funcionalidade. Assim, esse cenário é entendido como um possível problema em aberto que pode ser explorado.

### **Como Ocorre a Avaliação dos Simuladores Virtuais?**

Nas questões anteriores, o foco foi compreender o uso de simuladores no processo de avaliação dos aprendizes. Nesta etapa, a investigação concentrou-se em como os simuladores são avaliados enquanto ferramentas educacionais e tecnológicas, visando entender sua eficácia e aplicabilidade no contexto pedagógico.

### **a) Avaliação Educacional**

Para a avaliação educacional, foram examinados aspectos de interface (usabilidade), conteúdo e eficácia educacional. A maioria dos estudos focou na avaliação de aspectos de usabilidade (51%, 29 de 56 trabalhos), com o uso de questionários aplicados ao público-alvo após a utilização do simulador virtual sendo o método mais comum (46%, 26 de 56 trabalhos). Muitos estudos desenvolveram seus próprios questionários (TORI *et al.*, 2018a) (ZHANG *et al.*, 2018) (JEON *et al.*, 2011). No entanto, questionários padronizados, como o *NASA Task Load Index* (GUPTA *et al.*, 2018) (BARTOLI *et al.*, 2012) e o Questionário de Presença *iGroup* (MOSTAFA *et al.*, 2017), também foram utilizados, seja na íntegra ou adaptados. Jogos e aplicações web tiveram suas avaliações focadas quase exclusivamente nos aspectos de interface.

A avaliação do conteúdo dos simuladores foi realizada por meio de entrevistas com especialistas da área durante o desenvolvimento das ferramentas. A eficácia educacional foi avaliada por meio de questionários aplicados a discentes, utilizando pré-testes e/ou pós-testes definidos pela equipe de pesquisadores. Os resultados foram obtidos comparando o desempenho antes e depois do uso dos simuladores virtuais. Além disso, alguns estudos utilizaram relatórios de desempenho gerados automaticamente pelos próprios simuladores para verificar e monitorar a aquisição de habilidades clínicas ao longo das sessões de treinamento.

Ao se tratar de eficácia educacional, deve-se considerar que a aquisição do conhecimento pode ocorrer a curto, médio ou longo prazo, enquanto os estudos analisam geralmente os efeitos de uma única utilização. De fato, as ferramentas podem auxiliar, tanto pelos recursos táteis e visuais quanto pela motivação gerada pela novidade da atividade, oferecendo potencial para a aquisição de conhecimento (NUNES *et al.*, 2011). Todavia, é crucial analisar como essa construção do conhecimento ocorre ao longo do tempo e seus efeitos no processo de trabalho.

### **b) Avaliação de Qualidade de Software**

Garantir a qualidade do *software* envolve a aplicação de técnicas para identificar desvios que possam comprometer a qualidade final do sistema. Esse processo consiste em verificar o cumprimento de critérios e métodos ao longo dos processos operacionais, assegurando o funcionamento correto do *software* e identificando oportunidades de melhoria. Entre os trabalhos analisados, foram identificados três tipos de testes de *software*: o teste de performance (MAIER *et al.*, 2019) (PAN *et al.*, 2020), cujo objetivo é avaliar o desempenho do sistema quanto ao processamento de dados (sendo o mais frequente nos trabalhos pesquisados); o teste de aceitação

(WANG *et al.*, 2015), onde a ferramenta é testada em um ambiente real com usuários reais; e, por fim, o teste funcional (PAIVA *et al.*, 2018), que visa assegurar que as funcionalidades do simulador virtual foram implementadas conforme o projeto da aplicação.

A avaliação da qualidade de *software* foi o tipo de avaliação menos presente nos estudos, representando aproximadamente 23% (13 de 56 estudos). É importante destacar que parte dos trabalhos pesquisados trata de protótipos funcionais, com poucos abordando explicitamente esta etapa de teste. O funcionamento incorreto dos simuladores virtuais durante o treinamento pode comprometer a confiabilidade e a precisão do processo. Portanto, os testes de *software* não podem ser considerados uma etapa opcional na produção dos simuladores virtuais.

### **Quais indicadores são utilizados para avaliar a confiabilidade e a acurácia dos simuladores**

Neste estudo, a confiabilidade é definida como o grau de precisão com que a informação reflete o original, ou seja, a exatidão dos parâmetros utilizados nos estudos selecionados. Assim, o nível de confiabilidade das simulações afeta diretamente a sua acurácia. Para assegurar tanto a confiabilidade quanto a acurácia, a principal medida adotada nos trabalhos selecionados é a inclusão de especialistas (MACEDO *et al.*, 2015) (MAIER *et al.*, 2019), seja como membros da equipe ou como consultores em etapas específicas do desenvolvimento das ferramentas. Além disso, dados de pacientes reais foram utilizados para calibrar os simuladores virtuais, aumentando a precisão dos parâmetros, do conteúdo e da avaliação (WEI *et al.*, 2012).

Outro indicador de confiabilidade identificado é a utilização da literatura para a definição dos conteúdos dos simuladores virtuais (RIBEIRO; NUNES, 2014) (SEE *et al.*, 2016). No entanto, a literatura pode apresentar limitações em termos de variedade e detalhamento dos dados, aspectos que a experiência prática poderia aprimorar. Entre os estudos analisados, cerca de 11% basearam seus requisitos e validação exclusivamente na literatura médica ou em artigos científicos. Isso não é uma prática comum, pois a maioria dos estudos também incorporou o conhecimento de especialistas nesse processo (TORI *et al.*, 2018a) (BARTOLI *et al.*, 2012).

Além disso, foram realizados testes de validação com participantes de áreas não relacionadas à saúde e a amostra nem sempre foi claramente caracterizada (JEON *et al.*, 2011) (RIBEIRO; NUNES, 2014). Alguns estudos não especificaram ou sugeriram métodos para avaliar a confiabilidade e a acurácia, focando principalmente em aspectos de engenharia e no avanço de técnicas computacionais de simulação.

## Considerações

Esta seção visou analisar estudos sobre simulações em ambientes virtuais na área da saúde e discutir as práticas de avaliação, bem como seu impacto na confiabilidade e acurácia. Observou-se que a participação de especialistas na definição dos requisitos é uma prática comum para garantir a confiabilidade e acurácia dos simuladores virtuais. No entanto, o processo de formação de profissionais de saúde se baseia em evidências documentadas na literatura, e confiar exclusivamente nas informações fornecidas por especialistas pode limitar a confiabilidade e a acurácia do simulador. É fundamental que se consulte tanto a literatura quanto o conhecimento dos especialistas de forma equilibrada e complementar. A contribuição dos especialistas é essencial para o detalhamento das informações e para a abordagem educacional do simulador.

Para assegurar a confiabilidade dos simuladores virtuais, a interdisciplinaridade nas equipes de desenvolvimento é crucial. Muitas vezes, estudos resultam em soluções que, para a prática clínica, são irrelevantes, complexas ou tecnologicamente inacessíveis. A comunicação e a frequência de interação entre colaboradores são os principais desafios para a interdisciplinaridade. Portanto, no desenvolvimento de simuladores virtuais, é necessário considerar as contribuições de diferentes áreas para criar soluções que não seriam possíveis individualmente.

Por fim, ao desenvolver um simulador virtual para treinamento, considerando a avaliação das do usuário, os resultados deste estudo mostram que é fundamental observar com atenção as seguintes etapas:

- **Design** – etapa que irá tratar do levantamento e definição dos requisitos da ferramenta. Os critérios de seleção de especialistas devem seguir padrões já reportados na literatura, bem como devem ser especificados os momentos e a frequência de participação dos mesmos. Além disso, para a definição das variáveis e parâmetros deve-se considerar o conhecimento estabelecido na literatura, complementado pelo conhecimento dos especialistas. Recomendamos a elaboração de documentos, como mapas conceituais, mapas de navegação e diagramas de caso de uso para auxiliar na comunicação da equipe interdisciplinar.
- **Avaliação** – etapa que irá verificar o funcionamento correto do simulador, a sua eficácia educacional, e o desempenho do usuário na simulação. A presença de especialistas é necessária para avaliar os requisitos definidos na etapa de design, bem como aferir o processo de avaliação de habilidades pelo simulador (avaliação *online*). Quanto à avaliação da eficácia educacional, observar os efeitos de uma única utilização pode não refletir a realidade de aprendizado, por isso é importante analisar como ocorre essa construção do

conhecimento ao longo do tempo e seus efeitos no processo de trabalho, pois a aquisição do conhecimento pode ser de curto, médio ou longo prazo e o que observamos nos estudos são os efeitos de uma única utilização. É importante que os simuladores virtuais possam prover retorno personalizado, pertinente e ágil ao estudante sobre seu desempenho.

Considerando essas recomendações, o uso de simuladores virtuais para treinamento e avaliação de habilidades clínicas pode ser eficaz, desde que os variáveis e parâmetros sejam confiáveis e bem estabelecidos, apoiando a educação em saúde. Embora o período de abrangência deste estudo tenha começado em 2010, foi limitado até setembro de 2020.

#### 2.4 TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA A EDUCAÇÃO EM ANESTESIOLOGIA

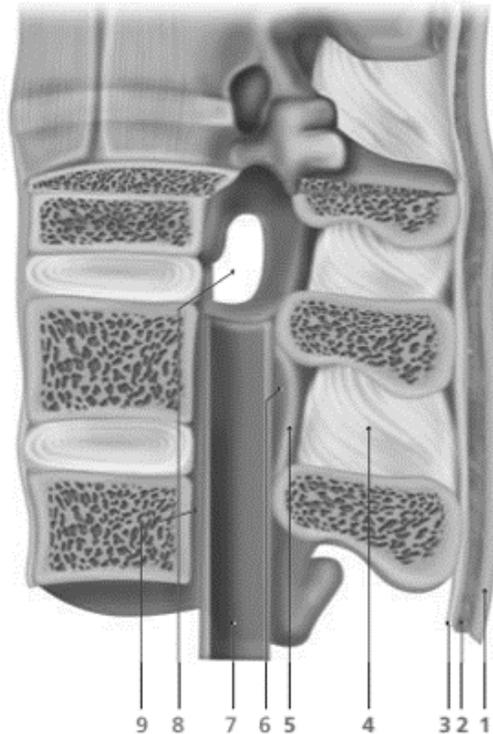
O termo "anestesia", introduzido por Oliver Wendell Holmes em 1846, refere-se à ausência de sensibilidade. Este processo envolve a supressão temporária da percepção sensorial do paciente, possibilitando a realização de procedimentos clínicos sem dor ou desconforto. A anestesiologia é a especialidade médica que se dedica ao estudo da anestesia, abordando sua administração e a identificação e manejo de alterações nas funções vitais do paciente (FISHBEIN, 1966).

A anestesia é induzida por fármacos que promovem a perda de responsividade e reflexos musculares, resultando na ausência total de consciência ou na perda de consciência de uma região específica do corpo (GRÉMIAUX *et al.*, 2014). Existem três tipos principais de anestesia: local, regional e geral. A anestesia local visa bloquear a dor em áreas restritas do corpo, sendo frequentemente administrada por injeção de lidocaína, embora também possa ser aplicada em forma de gel ou *spray*, como em endoscopias. Esta técnica é comumente utilizada em procedimentos odontológicos, biópsias e intervenções superficiais na pele.

A anestesia geral proporciona inconsciência e ausência de qualquer reação ao toque. Isto é, o paciente fica incapaz de se mover, na maioria das vezes, está entubado e acoplado a um respirador artificial. Pode ser administrada por via inalatória, intravenosa ou de forma balanceada (quando se combina a administração inalatória com a intravenosa). Por outro lado, a anestesia regional compreende a administração de anestesia em um grupo de nervos. É utilizada em cirurgias que envolvem regiões específicas do corpo, como cirurgias ortopédicas, ginecológicas e vasculares, onde é necessário bloquear a sensibilidade de um membro específico ou até de toda uma região. Esse procedimento bloqueia a dor na região em que a cirurgia está sendo realizada

e, se necessário, também permite que o paciente permaneça acordado durante o procedimento (CANGIANI *et al.*, 2013).

As anestésias regionais frequentemente utilizadas incluem a anestesia peridural e a anestesia raquidiana (também conhecida como anestesia subaracnoide ou raquianestesia). Essas técnicas visam bloquear a sensibilidade da parte inferior do corpo, começando a partir do abdômen. A anestesia raquidiana é aplicada dentro do canal espinhal, enquanto a peridural fica ao redor do canal. A raquidiana paralisa a área, induz a dormência e alivia a dor, enquanto a peridural tem como objetivo principal aliviar a dor. No contexto deste estudo, o foco está na anestesia raquidiana.



**Figura 4 – Estruturas que a agulha deve atravessar na anestesia raquidiana.**

Fonte: Cangiani *et al.*, 2013.

A primeira anestesia raquidiana foi administrada por August Bier, em 1898 (JR, 2008). Sua aplicação tem sido indicada para cirurgias na região abdominal e extremidades inferiores, sendo amplamente utilizada em cirurgias urológicas, procedimentos na parede abdominal abaixo do umbigo e partos, tanto normais quanto cesarianos. Essa técnica apresenta a vantagem de requerer uma quantidade reduzida de anestésico, minimizando a ocorrência de eventos adversos no pós-operatório. Além disso, seu efeito inicia rapidamente, proporcionando ao paciente a preservação da consciência e analgesia pós-operatória prolongada.

Estudos sobre incidentes críticos em anestesia mostraram que o erro humano é um dos principais contribuintes (FLETCHER *et al.*, 2002). Nesse sentido, as simulações vêm adquirindo um papel cada vez mais importante, tanto no treinamento de habilidades quanto na avaliação. Os simuladores recriam um ambiente de trabalho realista e permite que o estudante participe ativamente da aprendizagem experiencial sem causar danos ao paciente (CHOPRA, 1996).

A anestesia raquidiana é uma técnica fundamental na anestesiologia, sendo um dos métodos mais utilizados para procedimentos cirúrgicos abaixo do abdômen. Sua execução exige conhecimento teórico e habilidades psicomotoras precisas, o que torna o treinamento simulado uma ferramenta valiosa para evitar erros e melhorar a segurança do paciente.

#### 2.4.1 Simuladores para a Educação em Anestesiologia

O primeiro simulador de anestesia foi o SIM One, descrito em 1969 por Denson e Abrahamson (DENSON; ABRAHAMSON, 1969). Ele foi desenvolvido para auxiliar na aprendizagem de intubação e também para induzir a anestesia. O SIM One consiste em um manequim com uma via aérea intubável e parte superior do tronco e braços. Embora fosse um modelo moderno para treinamento, as restrições de custo limitaram seu uso prático na época (GABA, 1999). Apenas na década de 1980 voltam a reaparecer, de forma significativa, novos simuladores para treinamento. Dessa vez surge o simulador Eagle Patient que gerava sons cardíacos e respiratórios, tinha uma anatomia das vias aéreas variável, pulsos carótidos e radiais palpáveis e um polegar que respondia à estimulação nervosa. Os braços eram capazes de se mover em resposta à anestesia leve e até cinco eventos podiam ser executados simultaneamente. Surge também o simulador virtual BODY, originalmente denominado de SLEEPER, e o *Anesthesia Simulator Consultant* - ASC. O BODY foi usado principalmente para auxiliar no ensino de farmacológicos e fisiológicos, enquanto ASC foi usado principalmente para simular o gerenciamento de crises (CHOPRA, 1996) (GABA, 1999). Nessa época, a tecnologia havia progredido para permitir o uso de computadores pessoais, bem como a capacidade de programas complexos modelarem respostas apropriadas à manipulação de entrada de dados clínicos.

Em 1986, foi desenvolvido o *Comprehensive Anesthesia Simulation Environment* - CASE, um simulador em escala real para estudar especificamente os processos de tomada de decisão dos anestesiológicos durante eventos críticos. A equipe observou muitos paralelos entre a tomada de decisão durante eventos críticos na aviação e na anestesia. No campo da aviação, foi desenvolvida uma abordagem chamada *Crew Resource Management* - CRM, cujo objetivo foi

treinar os pilotos para lidar com situações de emergência. Baseado no modelo CRM, o CASE foi adaptado para ser usado no desenvolvimento do curso de Gerenciamento de Recursos de Crise de Anestesia (GABA *et al.*, 2014). Na mesma época em que o CASE estava sendo criado, a equipe de GOOD em 1988, da Universidade da Flórida, estava trabalhando no *The Gainesville Anesthesia Simulator - GAS*. O GAS tinha pulso palpável, dispositivos não invasivos de medição da pressão arterial e um polegar que se movia em resposta ao grau de bloqueio e estimulação do nervo. A simulação foi capaz de ventilação espontânea e monitoramento de O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> e um anestésico volátil que foram baseados em um modelo matemático de troca gasosa, captação e distribuição (CHOPRA, 1996).

Muitos centros estão usando o simulador em escala real para o treinamento de estudantes de medicina e residentes (FISH; FLANAGAN, 1998). No entanto, novas propostas de simulações virtuais vêm ganhando destaque nos últimos anos. No treinamento em anestesia local para o uso odontológico o trabalho de TORI *et al.* (2018) descreve o processo de desenvolvimento e teste do protótipo do Vida Odonto, uma simulação de RV imersiva de um consultório odontológico com funcionalidades básicas para a realização da anestesia, que é um procedimento fundamental para a prática clínica. A ferramenta realiza a avaliação automática do desempenho do usuário durante a realização do procedimento. Para tanto, o sistema realiza a gravação de todo o trajeto vetorial da agulha para posterior análise automatizada.

No simulador virtual de RV de RIBEIRO; OLIVEIRA (2019) a avaliação do usuário é realizada a partir da medição de tempo que o usuário leva para a realizar as atividades e a pontuação contabilizada considerando os acertos e erros dos mesmos durante o treinamento. Os acertos são obtidos quando o usuário consegue inserir a agulha na região e angulação corretas, e quando libera o anestésico na profundidade certa. Casos contrários a isso são considerados infrações que incrementam a pontuação de erros e são registradas. Esse simulador, além de reforços visuais para direcionar o procedimento, também apresenta *rankings* e troféus com intuito de motivar o usuário a obter melhores resultados e, conseqüentemente, melhorar suas habilidades clínicas. Para o treinamento do bloqueio do nervo alveolar inferior, CORREA *et al.* (2017) mostram em seu estudo o desenvolvimento e validação de um simulador RV que trata da tarefa de inserção da agulha, que inclui o ponto de inserção da agulha, a profundidade e a percepção das resistências dos tecidos durante a inserção. De acordo com os resultados obtidos, foi considerada bastante satisfatória para o treinamento de anestesia (CORREA *et al.*, 2017). Ainda abordando a anestesia local, um Sistema de Simulação de Anestesia Oftálmica - OASiS

foi desenvolvido para aprender, praticar e melhorar as habilidades para administrar bloqueios regionais oftálmicos. O OASiS é composto por um manequim com estruturas orbitais e oculares anatomicamente precisas com um sistema de detecção integrado fornecer *feedback* ao aprendiz sobre a tarefa realizada (MUKHERJEE *et al.*, 2015).

Para o treinamento de gerenciamento de recursos de crise baseado em anestesia, SHEWAGA *et al.* (2018) desenvolveram um jogo sério cujo objetivo é fornecer aos estudantes de anestesiologia a oportunidade de aprender os aspectos cognitivos do procedimento de gerenciamento de recursos de crise de anestesia de maneira interativa, envolvente e econômica. A ferramenta provê *feedback* em formato de *check-list* das atividades realizadas e o tempo que levou.

Abordando o treinamento em anestesia regional foram identificados trabalhos como o de MURIEL-FERNÁNDEZ *et al.* (2019) que mostra os resultados de aprendizagem obtidos por uma ferramenta web de simulação utilizada por alunos de um curso *online* sobre técnicas de anestesia e analgesia regional guiada por ultrassom. Trata-se de um processo autoguiado simples que mostra passo a passo como alcançar o objetivo final da técnica. O trabalho de BLEZEK *et al.* (2000) relata a arquitetura de um simulador de RV detalhando o processo de criação da modelagem anatômica específica do paciente, e desenvolvimento de modelos de *feedback* de força háptica a partir de dados biomecânicos empíricos coletados durante a execução do bloqueio do plexo celíaco (BLEZEK *et al.*, 2000). O trabalho de LIM *et al.* (2005) descreve a construção de uma ferramenta de RV para o ensino do bloqueio do plexo braquial interescalênico. Esta ferramenta combina a clareza dos desenhos esquemáticos, a relevância clínica dos vídeos de animações curtas e demonstrações ao vivo. O objetivo é acelerar o aprendizado e ajudar na retenção de informações (LIM *et al.*, 2005). ULLRICH *et al.* (2008) apresentam o protótipo de um simulado RV que foi implementado para demonstrar o uso do simulador para bloqueio de nervos dos membros inferiores. A aplicação consiste em uma estrutura de simulação que emprega novas estruturas de dados projetadas representando um paciente virtual articulado com características anatômicas. O simulador está sendo avaliado por médicos residentes (ULLRICH *et al.*, 2008).

GROTTKE *et al.* (2009) desenvolveram um simulador baseado em RV para a região inguinal para uso em treinamento para diferentes bloqueios de nervos periféricos. O diferencial desse estudo é oferecer variedade anatômica, o que expande seu uso para treinamento realista para aprender e praticar diferentes técnicas de anestesia regional (GROTTKE *et al.*, 2009). O trabalho

de JUANES *et al.* (2013) teve como objetivo desenvolver um ambiente virtual para a simulação da exploração ultrassonográfica dos nervos cervicais e dos membros superiores e inferiores para ensino e aprendizagem da anestesia regional. Os autores desenvolveram um visualizador digital tridimensional que permitiu a identificação das principais estruturas envolvidas no bloqueio de nervos periféricos no pescoço, membros superiores e inferiores (JUANES *et al.*, 2013). Para treinamento de anestesia peridural, BRAZIL *et al.* (2016) desenvolveram um protótipo de jogo sério juntamente com um modelo de força. O treinamento utiliza um dispositivo háptico, controlado por uma força e um modelo mecânico, que proporciona experiências com sensações e reações dos tecidos contornados. O protótipo de simulação incorpora elementos de gamificação de pontos e conquistas a fim de melhorar a motivação do aprendiz, estimulando-o a aprimorar suas habilidades clínicas (BRAZIL *et al.*, 2016).

Os simuladores de anestesia regional têm evoluído com a incorporação de modelos preditivos e interfaces hápticas, aprimorando a precisão do treinamento e da avaliação. Um estudo propôs um modelo matemático para estimar a distância entre a pele e o espaço peridural em parturientes, contribuindo para maior realismo na simulação (MELO *et al.*, 2019). Outro trabalho desenvolveu um simulador háptico bimanual para inserção de agulha epidural, possibilitando a análise quantitativa da força aplicada e da trajetória da agulha (DAVIDOR *et al.*, 2023). Essas iniciativas demonstram avanços na avaliação objetiva das habilidades psicomotoras, embora, em geral, os simuladores desenvolvidos até o momento tendam a focar na execução de etapas específicas do procedimento, sem abranger sua totalidade ou integrar avaliações automatizadas em um ambiente virtual imersivo.

Além dos simuladores desenvolvidos em pesquisas científicas, há no mercado diversas soluções comerciais voltadas para o treinamento em anestesiologia. Tratam-se de simuladores que integram manequins com sensores e sistemas computacionais para proporcionar um treinamento mais próximo da prática clínica real. Exemplos incluem o Simulador de Anestesia Peridural P61, que utiliza resistência realista durante a inserção da agulha, e o Simulador para Injeções P61D, que combina feedback tátil com a prática de injeções epidurais e espinhais (3B Scientific, 2025). Embora esses simuladores avancem na reprodução do ambiente clínico, muitos ainda não incorporam sistemas de avaliação automatizada online, limitando-se à observação direta do instrutor ou a métricas básicas de desempenho. A Tabela 3 fornece uma síntese das características identificadas nos principais estudos analisados, oferecendo uma visão geral das abordagens adotadas.

**Tabela 3 – Simuladores para treinamento em anestesia.**

Tipo de anestesia	Tema	Avaliação online	Resposta tátil	#
Geral	Intubação	Sim	Não	(DENSON; ABRAHAMSON, 1969) (GABA, 1999)
Regional	Peridural	Sim	Sim	(BRAZIL <i>et al.</i> , 2016)
Regional	Peridural	Sim	Sim	(DAVIDOR <i>et al.</i> , 2023)
Regional	Plexo braquial interescaleno	Não	Não	(LIM <i>et al.</i> , 2005)
Regional	Plexo celíaco	Não	Sim	(BLEZEK <i>et al.</i> , 2000)
Regional	Nervos periféricos	Não	Sim	(ULLRICH <i>et al.</i> , 2008) (GROTTKE <i>et al.</i> , 2009)
Regional	Nervos periféricos	Sim	Não	(JUANES <i>et al.</i> , 2013) (MURIEL-FERNÁNDEZ <i>et al.</i> , 2019)
Local	Odontológica	Não	Sim	(CORREA <i>et al.</i> , 2017)
Local	Odontológica	Sim	Não	(SHEWAGA <i>et al.</i> , 2018)
Local	Odontológica	Sim	Sim	(TORI <i>et al.</i> , 2018b)
-	Gerenciamento de crises	Sim	Não	(GABA <i>et al.</i> , 2014) (CHOPRA, 1996)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os simuladores têm desempenhado um papel importante na complementação do treinamento tradicional em anestesiologia. Eles capacitam os anestesistas a abordar situações pouco convencionais que exigem intervenção especializada para alcançar resultados bem-sucedidos.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos e estudos relacionados a simulações virtuais para treinamento de estudantes da Saúde, com ênfase no processo avaliativo tanto dos aprendizes, quanto aos aspectos educacionais abordados nos simuladores. A partir dos resultados apresentados, pode-se observar que os estudantes de medicina são o público mais contemplado em estudos para treinamento e dentre as técnicas treinadas, a anestesia é tratada em alguns trabalhos. No entanto, as técnicas de anestesia regional não aparecem tanto, embora no cotidiano hospitalar elas são realizadas com frequência. Acredita-se que isso ocorre devido às características táteis da anestesia regional que podem ser desafiadoras de representá-las computacionalmente. Para isso, os dispositivos hápticos têm sido utilizados para representar, de maneira realista, as sensações de toque e texturas dos procedimentos clínicos e poderia contribuir significativamente para o treinamento em anestesia regional.

No tocante à avaliação de habilidades do aprendiz, observou-se que o currículo da Educação Médica vem focando cada vez mais na aprendizagem pela prática. Isso implica em uma maior atenção na avaliação no domínio psicomotor. Como já mencionado, a avaliação do domínio psicomotor ocorre através da observação, pelo professor, da habilidade aprendida

e, nesse sentido, a avaliação *online* pode ser um aliado no processo de ensino-aprendizagem. A avaliação *online*, principalmente quando associada a um modelo inteligente de tomada de decisão, fornece *feedback online*, elucidativo e oportuno sobre a aquisição de habilidades do usuário, que poderá aprimorar-se a partir da reflexão sobre as suas ações durante o treinamento.

Quanto à avaliação dos simuladores, comumente tem-se focado em avaliações de aspectos relacionados à usabilidade, nas quais são utilizados questionários, sejam eles originais ou padrões disponíveis na literatura. A eficácia educacional tem sido averiguada por meio de questionários antes e depois do uso das simulações, porém, tipicamente, é descrita uma única utilização da ferramenta e é importante verificar os efeitos da aquisição de habilidades a longo prazo. Outro aspecto importante de avaliação dos simuladores é a qualidade do *software*, ou testes de validação da aplicação, que embora fundamental para garantir a confiabilidade e acurácia do simulador, ainda não recebe a devida atenção. Acredita-se que isso é uma consequência de problemas no trabalho interdisciplinar da equipe.

Notou-se comum a participação de especialistas nas etapas de especificação e validação dos simuladores virtuais, no entanto, vale destacar que não há ou não é descrita a metodologia utilizada para a realização dessas e outras tarefas, como os critérios de seleção dos especialistas, a frequência e a forma como devem colaborar. É importante reforçar que a participação do especialista poderá colaborar com o detalhamento de informações e com a abordagem educacional do simulador virtual, mas ainda se faz necessária a consulta à literatura especializada.

A revisão da literatura evidenciou que, embora existam simuladores voltados para o treinamento em anestesia raquidiana, esses recursos tipicamente abordam apenas etapas específicas do procedimento, sem contemplar a técnica de forma integral. Além disso, poucos simuladores integram de maneira simultânea as tecnologias de RV com retorno tátil e um modelo de avaliação *online*. Mesmo nos casos em que há avaliação das habilidades, essa geralmente se limita a aspectos pontuais do desempenho, sem oferecer um *feedback* detalhado e oportuno. Assim, destaca-se a carência de simuladores virtuais que proporcionem uma experiência imersiva, aliando propriedades hápticas a um sistema de *feedback* avaliativo *online* e elucidativo sobre a aquisição de habilidades do usuário.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve a metodologia do estudo, contemplando a identificação das etapas do procedimento de anestesia raquidiana, as métricas empregadas para avaliar as habilidades do aprendiz e o desenvolvimento de uma simulação virtual, com um sistema de avaliação *online* integrado, para treinamento nessa técnica. O diferencial deste trabalho está na combinação da simulação em RV com retorno tátil e um modelo inteligente de avaliação, que fornece *feedback* automatizado e detalhado sobre o desempenho do usuário. Além disso, o simulador aborda todas as etapas da técnica de anestesia raquidiana, preenchendo uma lacuna existente na avaliação de habilidades psicomotoras e cognitivas nessa área. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde/UFPB, protocolo 52417521.3.0000.8069 (Apêndice A).

#### 3.1 ETAPAS DA ANESTESIA RAQUIDIANA

Para identificar as atividades fundamentais envolvidas na técnica de anestesia raquidiana, foi realizada uma consulta à literatura médica especializada. O foco concentrou-se em fontes utilizadas em programas de residência médica, assegurando uma abordagem padronizada e reconhecida do procedimento e de suas etapas. Essas informações foram complementadas por especialistas, visando enriquecer o detalhamento das práticas e incluir observações derivadas de suas experiências clínicas e pedagógicas.

##### 3.1.1 Consulta à Literatura Médica

De acordo com a literatura especializada, a administração da anestesia raquidiana pode ocorrer por meio das abordagens mediana ou paramediana. Durante a punção, a posição do paciente pode ser em decúbito lateral ou sentado, independentemente da via escolhida. O sucesso da técnica está, em parte, relacionado ao posicionamento do paciente na mesa cirúrgica. No decúbito lateral, o paciente deve ser acomodado em decúbito esquerdo ou direito, com a coluna lombar flexionada. Quando esta posição é adotada, a via de punção recomendada é a paramediana. Alternativamente, na posição sentada, é igualmente necessário que o paciente flexione a coluna, o que promove a abertura dos espaços lombares e facilita o acesso pela via mediana.

A punção deve ser realizada abaixo do nível L2 da coluna vertebral, uma vez que a medula espinhal em adultos termina nesse nível, enquanto em crianças ela se estende até L3. Durante a punção pela via mediana, a agulha deve atravessar as seguintes estruturas: (1) pele, (2) tecido subcutâneo, (3) ligamento supraespinhoso, (4) ligamento interespinhoso, (5) ligamento amarelo, (6) espaço peridural, (7) dura-máter e (8) membrana subaracnóidea. Na abordagem paramediana, as estruturas a serem penetradas são: (1) pele, (2) tecido subcutâneo, (3) musculatura paravertebral, (4) ligamento amarelo, (5) dura-máter e (6) membrana subaracnóidea (CANGIANI *et al.*, 2013). As estruturas que a agulha deve atravessar estão ilustradas na Figura 4. Ao perfurar a dura-máter, é possível perceber uma sensação de "clique", que pode ser menos intensa quando se utiliza agulhas mais finas e com bisel cortante. Após a penetração da dura-máter, o mandril deve ser removido, e deve-se aguardar o gotejamento do líquido cefalorraquidiano, também chamado de Líquido cefalorraquidiano (LCR).

Antes da injeção da solução anestésica, é fundamental verificar a presença de gotejamento do LCR e assegurar que não ocorreu um acidente de punção com sangramento. O gotejamento do LCR indica que a agulha perfurou a dura-máter e que se encontra na localização apropriada. A injeção deve ser realizada a uma velocidade predefinida, levando em consideração a solução anestésica selecionada (CANGIANI *et al.*, 2013).

O profissional deve avaliar previamente as condições físicas e neurológicas do paciente para identificar a presença de problemas preexistentes e determinar se a realização do bloqueio é indicada. Entre as contraindicações para a aplicação da técnica, destacam-se: recusa do paciente, hipovolemia, coagulopatia, infecção no local da punção, sepse, hipertensão intracraniana, e o uso de fibrinolíticos e trombolíticos para anticoagulação plena. Embora a anestesia raquidiana seja considerada uma técnica simples com baixo índice de complicações, podem ocorrer eventos adversos, como cefaleia, hipotensão arterial, parada cardiorrespiratória, hematomas e sintomas neurológicos transitórios, entre outros (CANGIANI *et al.*, 2013).

### 3.1.2 Consulta a Especialistas

A identificação dos especialistas foi realizada com base em recomendações e na análise de currículos, priorizando profissionais da região com experiência clínica e docente. Essa estratégia foi fundamentada na premissa de que a proximidade geográfica facilita uma colaboração contínua, essencial para o êxito do estudo. Após a seleção inicial, um e-mail formal foi enviado para convidar os especialistas a integrar o projeto, delineando as expectativas em relação à

sua participação e ressaltando a importância de suas contribuições. Assim, cinco especialistas contribuíram nas etapas de requisitos, dos quais dois não apenas possuem ampla experiência clínica, mas também destacam-se na formação acadêmica de residentes em anestesiologia.

A colaboração dos especialistas foi essencial para a definição das atividades primordiais associadas à técnica de anestesia raquidiana que deveriam ser incorporadas em uma simulação computacional voltada para o treinamento de habilidades. Esses profissionais não apenas auxiliaram na identificação das etapas críticas do procedimento, mas também na determinação da sequência adequada de execução, garantindo, assim, a realização bem-sucedida da técnica.

Além disso, eles forneceram valiosas contribuições pedagógicas sobre a metodologia apropriada para abordar as especificidades da técnica em questão e a avaliação do desempenho do aprendiz. Essa colaboração foi crucial para o desenvolvimento de um modelo de simulação que reflita com precisão as complexidades do procedimento, permitindo uma compreensão mais aprofundada e um treinamento eficaz para os profissionais da área. A colaboração dos especialistas ocorreu em três momentos distintos:

- **Identificação de Requisitos:** Neste estágio, realizou-se a coleta e definição inicial dos requisitos, fundamentando-se na literatura existente e nas observações da prática clínica dos especialistas.
- **Validação de Requisitos:** Durante esta fase, foi realizada a revisão e validação dos requisitos identificados, assegurando que estes fossem corretos, completos e alinhados com os objetivos educacionais da proposta.
- **Refinamento de Requisitos:** Após a implementação do simulador, os requisitos foram refinados, incorporando especificações técnicas, funcionais e de avaliação do usuário.

A Tabela 4 fornece informações gerais sobre os especialistas, bem como as etapas de requisitos em que estiveram envolvidos.

**Tabela 4 – Informações sobre os especialistas.**

#	Experiência Clínica	Experiência Docente	Etapa de Requisitos
ESP001	>5 anos	>5 anos	Identificação
ESP002	>5 anos	-	Identificação
ESP004	>5 anos	>5 anos	Identificação Definição Validação
ESP005	<5 anos	-	Definição
ESP006	>5 anos	-	Definição

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.1.3 Percepção Tátil

Tanto a literatura quanto os especialistas enfatizam que a técnica de anestesia raquidiana demanda habilidades do domínio psicomotor altamente desenvolvidas, as quais são essenciais para garantir a segurança e a eficácia do procedimento. Essas habilidades permitem que o anestesiolologista realize a punção com precisão, minimizando o risco de lesões a estruturas anatômicas adjacentes. Adicionalmente, a percepção tátil desempenha um papel crucial na identificação das diversas camadas de tecido durante a inserção da agulha, facilitando a correta localização da dura-máter e da membrana subaracnóidea.

A combinação dessas habilidades do domínio psicomotor não apenas otimiza a execução da técnica, mas também aumenta a confiança do profissional, o que é fundamental para reduzir a ansiedade do paciente e aprimorar os resultados clínicos. A representação tátil, portanto, emerge como um componente crítico no treinamento da técnica de anestesia raquidiana, pois permite que os profissionais desenvolvam e refinem suas competências de forma eficaz, preparando-os para situações clínicas reais.

## 3.2 REQUISITOS DE AVALIAÇÃO

Nesta fase do estudo, a contribuição dos especialistas foi focada na definição das respostas aceitáveis para as ações que serão estabelecidas na etapa de identificação dos requisitos da anestesia raquidiana (Seção 3.1). No caso da anestesia raquidiana, as ações podem ser executadas de forma correta ou incorreta, sem espaço para um resultado intermediário. No entanto, há flexibilidade quanto à ordem de execução das atividades. Nesse sentido, o SBR foi o modelo inteligente de avaliação mais apropriado para os requisitos da anestesia raquidiana, pois permitiu a formalização precisa das regras que orientam a execução correta das tarefas.

Os SBRs são capazes de incorporar tanto a natureza binária das respostas (correta ou incorreta) quanto a flexibilidade nas sequências aceitáveis de execução, que é tratada na avaliação da mesma maneira. A aplicação do SBR assegura uma avaliação consistente e rigorosa, por meio de regras predefinidas que determinam a aceitabilidade das respostas em diferentes variações do procedimento. Além disso, sua eficiência é destacada em contextos onde a avaliação depende da correta aplicação de conhecimentos técnicos e da conformidade com normas estabelecidas.

No que diz respeito à abordagem pedagógica, e com base no estudo de (ANDRADE *et al.*, 2022), o *feedback* avaliativo deve ser orientado para promover a construção do conhecimento

por meio da reflexão sobre as ações executadas pelo aprendiz durante o treinamento. É necessário evitar estratégias que condicionem o aluno a depender exclusivamente do *feedback* para agir ou que incentivem a prática de tentativa e erro sem compreensão adequada do propósito da tarefa realizada.

Nesse contexto, a adoção de um relatório detalhado ao final do treinamento, descrevendo as ações do aprendiz, foi considerada a estratégia mais apropriada. Em colaboração com os especialistas, foi definida uma estrutura de *feedback* que oferece retorno sobre cada ação, categorizando-as como "realizada corretamente", "realizada incorretamente" ou "não realizada". Além disso, o *feedback* deve incluir uma mensagem final que, com base no desempenho, sugira a necessidade de treinamento adicional, quando apropriado, reforçando assim o aprendizado contínuo e direcionado.

### 3.3 REQUISITOS DO SISTEMA

Os requisitos de sistema referem-se ao comportamento, propriedades ou características que o sistema deve apresentar (BOOCH, 2006). No contexto de uma simulação computacional, eles definem as especificações necessárias para garantir que o ambiente virtual reproduza de forma precisa o fenômeno ou procedimento a ser simulado. Esses requisitos incluem aspectos como fidelidade da simulação, precisão dos modelos matemáticos, interatividade do usuário, bem como as condições de *hardware* e *software* que asseguram o desempenho e a usabilidade do sistema. Para minimizar o risco de eventos adversos e garantir resultados satisfatórios na realização da anestesia raquidiana, é fundamental que as tarefas associadas a essa técnica sejam executadas de maneira sistemática, seguindo rigorosamente a sequência de etapas estabelecida (CANGIANI *et al.*, 2013).

Com base na análise de outros simuladores (Seção 2.4), acredita-se que focar em etapas isoladas dos procedimentos pode deixar lacunas na compreensão geral, fazendo com que os estudantes subestimem a importância de outras etapas críticas. Além disso, é essencial adotar métodos de avaliação que vão além de indicadores quantitativos. O *feedback* avaliativo deve proporcionar ao aluno uma reflexão significativa sobre seu desempenho, incentivando a melhoria contínua das habilidades através da análise de suas ações durante o treinamento. Isso ajudará na preparação e confiança dos profissionais para lidar com os diversos desafios e interações humanas na prática médica. Portanto, decidiu-se que a simulação deve representar a técnica de anestesia raquidiana em todos os seus estágios e a avaliação do usuário consistirá em um

relatório qualitativo, ao final do treinamento, abrangendo suas ações monitoradas ao longo do treinamento.

Reconhecendo a relevância da componente tátil no treinamento da técnica de anestesia raquidiana, foi incorporado ao simulador um dispositivo háptico, projetado para replicar com precisão as sensações táteis vivenciadas pelo anestesiolegista durante a inserção da agulha. Essa integração visa proporcionar uma experiência de treinamento mais realista e eficaz, promovendo o desenvolvimento das habilidades psicomotoras necessárias para a execução correta do procedimento.

Dessa forma, o produto proposto se destaca pela combinação das seguintes características: 1) ambiente virtual, 2) abrangência de todas as etapas essenciais da técnica de anestesia raquidiana, 3) *feedback* tátil e 4) um módulo de avaliação *online* integrado à aplicação. Essa integração permitirá uma experiência de treinamento mais completa e interativa, potencializando o aprendizado e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.

### 3.4 AVALIAÇÃO DA USABILIDADE

A usabilidade é um elemento crucial em aplicações com finalidade educacional, particularmente em ambientes que requerem a interação eficiente e intuitiva do usuário com o sistema. Em contextos de treinamento clínico, interfaces inadequadas podem comprometer o processo de aprendizado, afetando negativamente o desenvolvimento de habilidades e a retenção de conhecimento (COOK; TRIOLA, 2009). Por outro lado, aplicações com alta usabilidade facilitam a interação, diminuem a carga cognitiva e permitem que os usuários se concentrem nas atividades de treinamento, otimizando o desempenho e a aquisição de competências.

Para assegurar que a interface da simulação seja adequada a esses requisitos, torna-se indispensável realizar uma avaliação sistemática da usabilidade. O questionário *System Usability Scale* (SUS) constitui um instrumento amplamente aceito e validado para essa finalidade, proporcionando uma quantificação padronizada e objetiva da usabilidade. A aplicação do questionário SUS possibilita a identificação de áreas de melhoria na interface, contribuindo para o aperfeiçoamento contínuo da experiência do usuário.

### 3.4.1 Questionário SUS

O questionário SUS foi desenvolvido para mensurar a facilidade de aprendizado e a usabilidade de sistemas e aplicativos. O questionário SUS é composto por dez itens (Tabela 5), respondidos em uma escala *Likert* de 5 pontos, que varia de "discordo totalmente"(1) a "concordo totalmente"(5).

**Tabela 5 – Questionário SUS.**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
P1	Eu acho que gostaria de usar este sistema com frequência.
P2	Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.
P3	Acho o sistema fácil de usar.
P4	Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar este sistema.
P5	Eu acho que as várias funções do sistema estão bem integradas.
P6	Eu acho que o sistema apresenta inconsistência.
P7	Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.
P8	Eu achei o sistema muito complicado de usar.
P9	Eu me senti confiante ao usar o sistema.
P10	Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema.

Fonte: BROOKE (1996).

O cálculo do escore SUS individual seguirá a metodologia estabelecida por Brooke (BROOKE, 1996). Para as perguntas ímpares (positivas), subtrai-se 1 da pontuação atribuída pelo participante. Já para as perguntas pares (negativas), a pontuação será transformada pela fórmula  $(5 - x)$ . A soma dos resultados será multiplicada por 2,5, produzindo um escore final que varia de 0 a 100. A classificação dos escores é segmentada nas seguintes categorias: Pior Alcançável (13 a 20,5), Ruim (21 a 38,5), Médio (39 a 52,5), Bom (53 a 73,5), Excelente (74 a 85,5) e Melhor Alcançável (86 a 100). A amostra para a avaliação da usabilidade será selecionada por conveniência, incluindo anestesiológicos e residentes em anesthesiologia, os quais constituem o perfil do público-alvo deste estudo.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta a proposta do simulador virtual para treinamento em anestesia raquidiana, detalhando seu enredo, público-alvo, requisitos e arquitetura. Além disso, discute-se o processo de definição das propriedades táteis dos materiais 3D, importantes para proporcionar realismo à simulação. Também são abordadas as variáveis e os critérios estabelecidos para a avaliação das habilidades dos usuários, garantindo que o simulador atenda às necessidades estabelecidas pelos especialistas.

### 4.1 PROPOSTA DO SIMULADOR

Como uma alternativa complementar ao treinamento em anestesia raquidiana, foi desenvolvido o simulador AnesteSIM, como prova de conceito para atingir o objetivo central deste estudo: verificar se é possível avaliar a aquisição de habilidades dos usuários em ambientes de RV. O AnesteSIM integra simulação em RV com métricas específicas da técnica anestésica, permitindo a avaliação das habilidades do usuário. O simulador tem como propósito expandir as oportunidades de prática, proporcionando uma análise automática do desempenho dos usuários. Dessa forma, busca-se aumentar a confiança e a precisão de residentes e anestesistas pouco experientes na realização da técnica em ambientes controlados, antes de procedimentos em pacientes reais. Isso contribui diretamente para a segurança do paciente, reduzindo riscos associados ao treinamento inicial e promovendo um aprendizado mais eficaz e seguro.

Além da prática da técnica anestésica, o AnesteSIM aborda o desenvolvimento de diferentes competências educacionais fundamentais para a formação de anesthesiologistas. Dentre elas, destacam-se:

- Habilidades psicomotoras, como a precisão na introdução da agulha e a execução correta dos passos do procedimento.
- Tomada de decisão clínica, avaliando o raciocínio do usuário frente a diferentes cenários e complicações.
- Treinamento baseado em erros, permitindo que os aprendizes experimentem falhas em um ambiente seguro e recebam *feedback* avaliativo para correção.

Dessa forma, o AnesteSIM não apenas tem potencial para aprimorar a execução técnica da anestesia raquidiana, mas também pode fortalecer aspectos cognitivos e comportamentais do aprendiz, tornando o treinamento mais completo e eficiente.

#### 4.1.1 Enredo

No AnesteSIM, o usuário é imerso em um ambiente hospitalar simulado, especificamente no bloco cirúrgico, com o objetivo de realizar uma anestesia raquidiana em um paciente virtual. O cenário reproduz o cotidiano de um anestesiológico, demandando a execução de todas as ações críticas do procedimento anestésico. O usuário deve tomar decisões clínicas fundamentadas nas condições fisiológicas do paciente, utilizando seu conhecimento para selecionar a dose adequada de anestésico, posicionar o paciente corretamente e seguir a sequência apropriada de ações para garantir a segurança e a eficácia da anestesia raquidiana.

#### 4.2 PÚBLICO-ALVO

O público-alvo do simulador desenvolvido neste estudo é composto por residentes em anesthesiologia, que buscam aprimorar suas habilidades psicomotoras e cognitivas para a realização da anestesia raquidiana. A definição clara desse público é fundamental para o sucesso de um simulador educacional, pois assegura que o conteúdo e os desafios estejam alinhados ao nível de experiência dos usuários. Nesse caso, o foco recai sobre profissionais que já possuem uma base teórica, mas necessitam de mais treinamento antes de atuarem diretamente com pacientes (MACHADO *et al.*, 2018).

Como descrito por Machado *et al.* (2018), a definição do público-alvo deve estar sempre orientada pelos objetivos educacionais da ferramenta. No contexto deste simulador, a meta é garantir que os residentes desenvolvam as habilidades necessárias de maneira eficaz e segura. Para o levantamento dos requisitos e a construção do simulador, contou-se com a participação de anesthesiologistas experientes, tanto da prática clínica quanto da docência.

#### 4.3 REQUISITOS

A consulta realizada à literatura médica padrão, utilizada em programas de residência em anesthesiologia, associada às contribuições dos especialistas com base na prática clínica,

resultou na documentação de uma visão geral da sequência de ações necessárias para a realização da anestesia raquidiana, conforme descrito na Tabela 6.

Devido a limitações tecnológicas que impossibilitam a reprodução fidedigna de algumas interações, foram selecionadas, em conjunto com os especialistas, as ações mais críticas da técnica para representação no AnesteSIM. Adicionalmente, as ações foram classificadas segundo o momento da anestesia raquidiana em que ocorrem, sendo divididas em três etapas: PRÉ, INTRA e PÓS. A etapa PRÉ envolve as atividades de preparação antes da administração da anestesia. A etapa INTER diz respeito à execução da técnica de anestesia raquidiana e a etapa PÓS, por sua vez, envolve a monitorização pós-anestésica do paciente após a administração da anestesia. A Figura 5 apresenta as tarefas essenciais da técnica de anestesia raquidiana, bem como a sequência de execução.

**Tabela 6 – Sequência de tarefas para a realização da anestesia raquidiana**

<b>Passo</b>	<b>Descrição</b>
P01	Identificar o paciente corretamente através da pulseira de identificação, conferindo os dados informados e o histórico do paciente.
P02	Verificar se a visita pré-anestésica foi realizada, coletando informações do paciente e preenchendo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).
P03	Paramentar-se com gorro, máscara cirúrgica e óculos de proteção.
P04	Separar os materiais e as medicações necessárias.
P05	Monitorar o paciente com cardioscopia, oximetria de pulso e aparelho de pressão arterial não invasiva.
P06	Obter o acesso venoso com o cateter intravenoso periférico de calibre adequado para o procedimento cirúrgico.
P07	Realizar a sedação (a critério do médico anestesiológico) de acordo com o estado físico e emocional do paciente.
P08	Realizar higienização antisséptica das mãos com Clorexidina degermante ou PVPI conforme POP SCIH 004.
P09	Paramentar-se com luva estéril.
P10	Preparar a bandeja com os materiais necessários e aspirar as medicações que serão abertas de forma asséptica pela equipe da enfermagem quando em embalagem estéril ou ofertadas pela equipe de enfermagem quando em apresentação não estéril.
P11	Orientar equipe de enfermagem acerca do posicionamento do paciente.
P12	Posicionar o paciente sentado (membros inferiores sobre a mesa cirúrgica, braços apoiados sobre os joelhos, flexão da coluna aproximando o mento do esterno, orientando relaxar os ombros), ou em decúbito lateral (flexionar os membros inferiores aproximando os joelhos do tórax, aproximar mento do esterno, mão superior sobre o joelho homolateral e mão inferior de apoio para cabeça ou semiflexionado).
P13	Flexionar a coluna para projetar e aumentar os espaços entre as apófises espinhosas.
P14	Proceder a antisepsia do local a ser puncionado com Clorexidina alcoólica ou álcool 70% e gaze em movimentos circulares do centro para periferia ou craniocaudal aguardando tempo de secagem do antisséptico.
P15	Colocar os campos estéreis.
P16	Palpar os processos espinhosos para escolher o espaço que se deseja fazer a punção.
P17	Pode-se utilizar a linha de Tuffier para guiar a escolha do espaço para a punção.
P18	A punção deve ser realizada abaixo de L2. A medula do adulto termina em L2 e da criança termina em L3.
P19	Anestesiar o local com Lidocaína 2% (opcional).
P20	Realizar a punção raquidiana por via mediana ou paramediana.
P21	Após transpor o ligamento supraespinhoso, uma mão guia e a outra empurra a agulha. A punção na pele inicialmente é perpendicular. Pode haver a necessidade de angulação da agulha, caso seja encontrado algum obstáculo (vértebra) no caminho ou se a agulha "caminhar" para fora do trajeto pele-tecido celular subcutâneo-ligamentos-espaço peridural.
P22	Cada estrutura, até a dura-máter, apresenta consistência diferente perceptível pelo tato.
P23	Ao perfurar a dura-máter pode-se sentir um clique semelhante a agulha perfurando uma cartolina (menos perceptível com agulhas mais finas).
P24	Após a perfuração da dura-máter, o mandril deve ser retirado e esperar o gotejamento do líquido. Caso não haja gotejamento ou seja lento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzir a agulha por mais 1 ou 2mm.</li> <li>• Girar a agulha 180°.</li> </ul>
P25	Se após a passagem da agulha pelo tecido subcutâneo houver resistência óssea é porque a agulha não está na posição correta (houve toque na apófise espinhosa).
P26	Se houver resistência óssea próxima ao forame ou no trajeto do ligamento interespinhoso, é necessário repetir a punção retrocedendo a agulha até o tecido subcutâneo.

Passo	Descrição
P27	O redirecionamento de uma agulha que já foi introduzida alguns cm pode não dar resultado. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode quebrar a agulha.</li> <li>• Redirecionar sem recuo da agulha pode flexionar a haste e não corrigir a direção.</li> </ul>
P28	Se o gotejamento do líquido vier junto com sangue, deve esperar para que haja o clareamento do líquido antes da injeção do anestésico.
P29	Se após a punção sair sangue ao invés de líquido, a posição está errada e o procedimento deve ser repetido.
P30	A seringa do anestésico deve ser conectada à agulha. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser feita uma aspiração suave para verificar se o líquido está fluindo normalmente (opcional).</li> </ul>
P31	A escolha da anestesia envolve a densidade e a baricidade de dispersão do anestésico no espaço subaracnóideo.
P32	É frequente a associação de opioides às soluções de anestésico local para melhorar a qualidade do bloqueio com menor dose do anestésico ou prover analgesia maior no pós-operatório.
P33	A injeção deve ser feita a uma velocidade determinada na dependência da solução anestésica escolhida e do nível de bloqueio desejado.
P34	Retirar todo o complexo.
P35	A posição do paciente após a injeção influencia a dispersão do anestésico.
P36	Posicionar o paciente de acordo com o nível de bloqueio que se deseja atingir e o tipo de anestésico local utilizado.
P37	Descartar materiais perfurocortantes no coletor de perfurocortante.
P38	Testar evolução do bloqueio motor e sensitivo.

Fonte: Elaborada pelo autor baseado na literatura e especialistas.

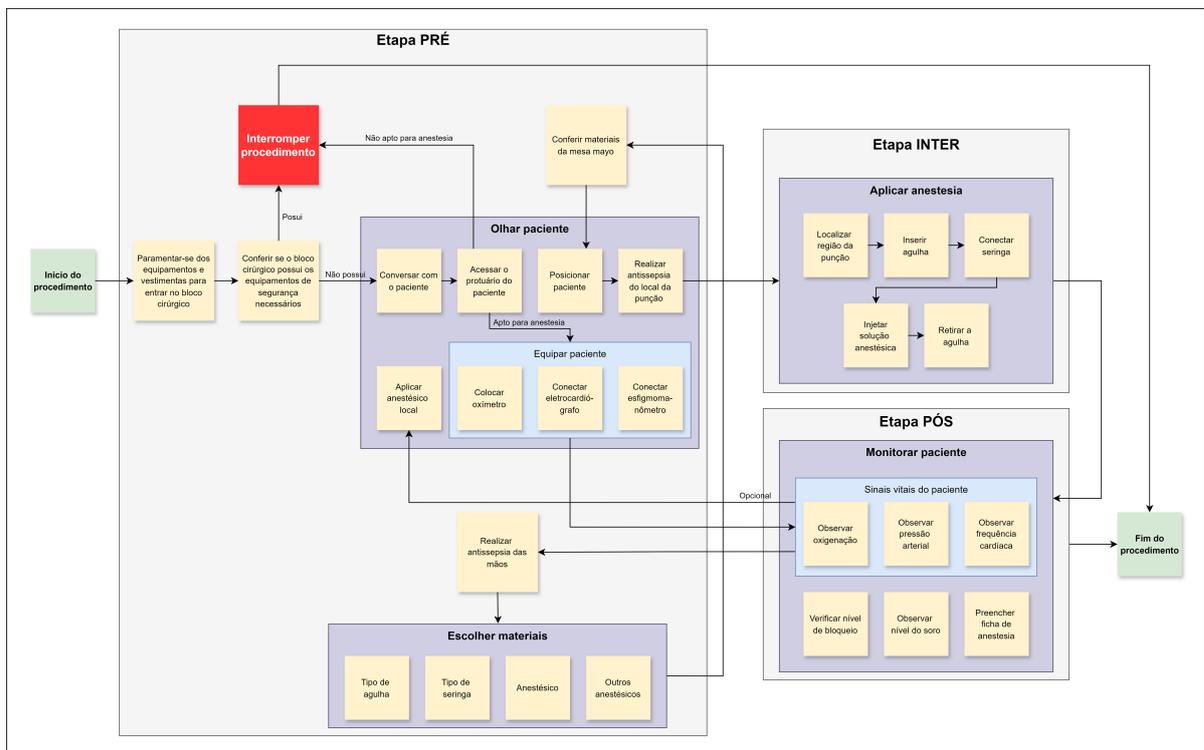


Figura 5 – Etapas da anestesia raquidiana.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante o desenvolvimento do AnesteSIM, foram definidos, em conjunto com especialistas, três perfis distintos de pacientes para simulação, cujas informações detalhadas estão descritas na Tabela 7. Cada perfil apresenta características físicas e condições de saúde que

influenciam diretamente as decisões clínicas tomadas durante o procedimento de anestesia raquidiana. Essas variações afetam, por exemplo, a dosagem do anestésico, o posicionamento adequado do paciente e até a viabilidade de prosseguir com o procedimento. Essas variáveis são cruciais para evitar complicações no paciente, garantindo uma experiência simulada que reflete a complexidade da prática clínica real.

**Tabela 7 – Perfis de pacientes simulados no AnesteSIM.**

Características	Perfil 01	Perfil 02	Perfil 03
Nome	Maria da Silva	José Oliveira	João dos Santos
Idade	25	50	40
Sexo	Feminino	Masculino	Masculino
Raça	Branca	Preto	Branco
Peso	70 kg	70 kg	80 kg
Altura	1.68 cm	1.70 cm	1.70 cm
Procedimento	Cesária	Artroscopia	Retirada de safena
Alergia	Não	Não	Não
Comorbidade	Não	Não	Não
Toma medicamento?	Não	Não	Não
Já tomou anestesia anteriormente?	Não	Sim	Não

Fonte: Elaborada pelo autor.

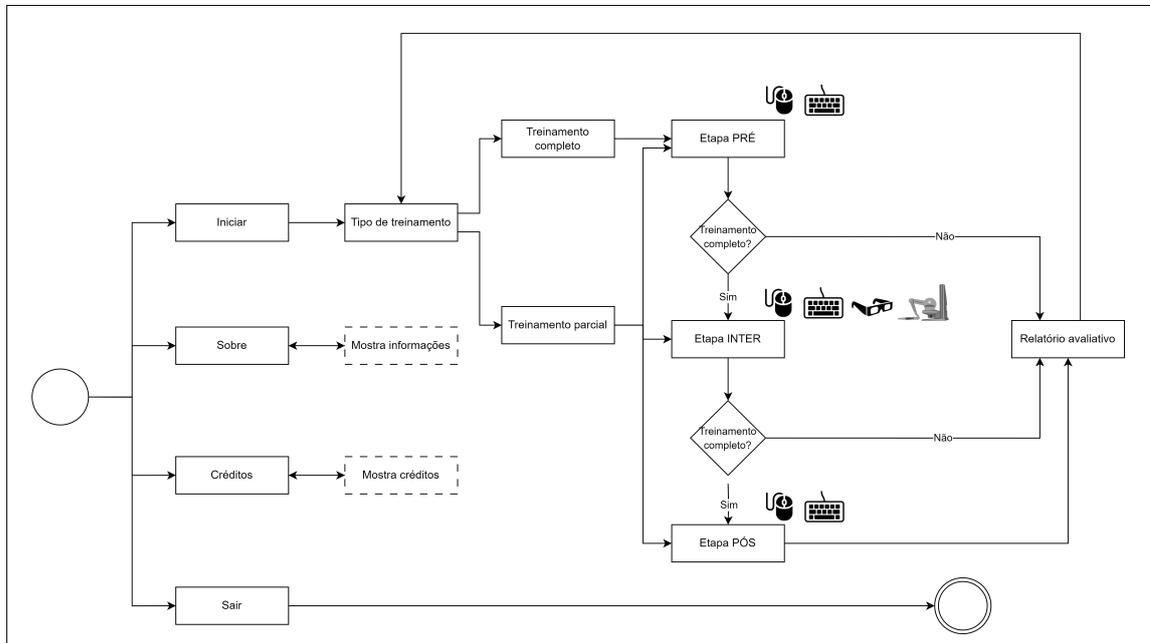
#### 4.4 ARQUITETURA

A Figura 6 apresenta a arquitetura do AnesteSIM, evidenciando suas principais interfaces e funcionalidades, projetadas para otimizar a experiência de treinamento do usuário. Ao acessar o simulador, o usuário é direcionado ao menu inicial, que oferece diferentes opções de navegação. Selecionando a opção “Iniciar”, é possível escolher entre dois modos de treinamento: parcial ou completo. No modo de treinamento parcial, o usuário seleciona a etapa específica da anestesia raquidiana a ser praticada: PRÉ, INTER ou PÓS. Já no treinamento completo, o usuário percorre todas as etapas do procedimento, desde a preparação inicial até o acompanhamento do paciente após a administração da anestesia.

Durante as etapas PRÉ e PÓS, a interação ocorre por meio de teclado e mouse. Na etapa INTER, o simulador oferece suporte adicional ao uso de dispositivos táteis, ampliando a experiência sensorial do treinamento. Além disso, o AnesteSIM dispõe de uma funcionalidade de visualização em 3D, que requer a utilização de óculos com filtro de cor, proporcionando maior imersão ao ambiente simulado.

A interação com os objetos dentro da simulação ocorre pela aproximação do cursor e sua ativação é feita por meio de seleção com o *mouse*. Essa abordagem foi adotada para permitir uma experiência mais fluida e intuitiva, facilitando a seleção de elementos relevantes durante o

procedimento. A ferramenta de interação depende da etapa do treinamento: teclado e mouse são utilizados para comandos gerais, enquanto o dispositivo háptico é acionado para interações que exigem resposta tátil, como a inserção da agulha.



**Figura 6 – Arquitetura do AnesteSIM.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao concluir o treinamento, seja parcial ou completo, o usuário recebe um relatório avaliativo detalhado, contendo uma descrição de suas ações e a avaliação de sua precisão na execução das tarefas (Figura 16). Após a apresentação desta avaliação, o usuário retorna ao menu de seleção de treinamento, onde pode optar por iniciar um novo exercício. No menu inicial, a opção “Sobre” fornece informações gerais sobre o funcionamento do AnesteSIM, enquanto a opção “Créditos” apresenta detalhes sobre a equipe responsável pelo desenvolvimento do simulador. Por fim, a opção “Sair” encerra a aplicação.

O AnesteSIM foi desenvolvido utilizando a engine Unity 3D, escolhida pelo seu suporte à integração com dispositivos hápticos. O dispositivo háptico utilizado foi o Touch, que oferece *feedback* tátil essencial para a simulação do procedimento de anestesia raquidiana. A integração entre o *Touch* e o Unity 3D foi realizada com o *asset Haptics Direct for Unity V1*. A aplicação é projetada para *desktop*, exigindo um computador e o dispositivo Phantom Omni para a interação háptica. Esse dispositivo permite simular as sensações de toque e resistência necessárias para treinar a técnica com segurança em um ambiente virtual.

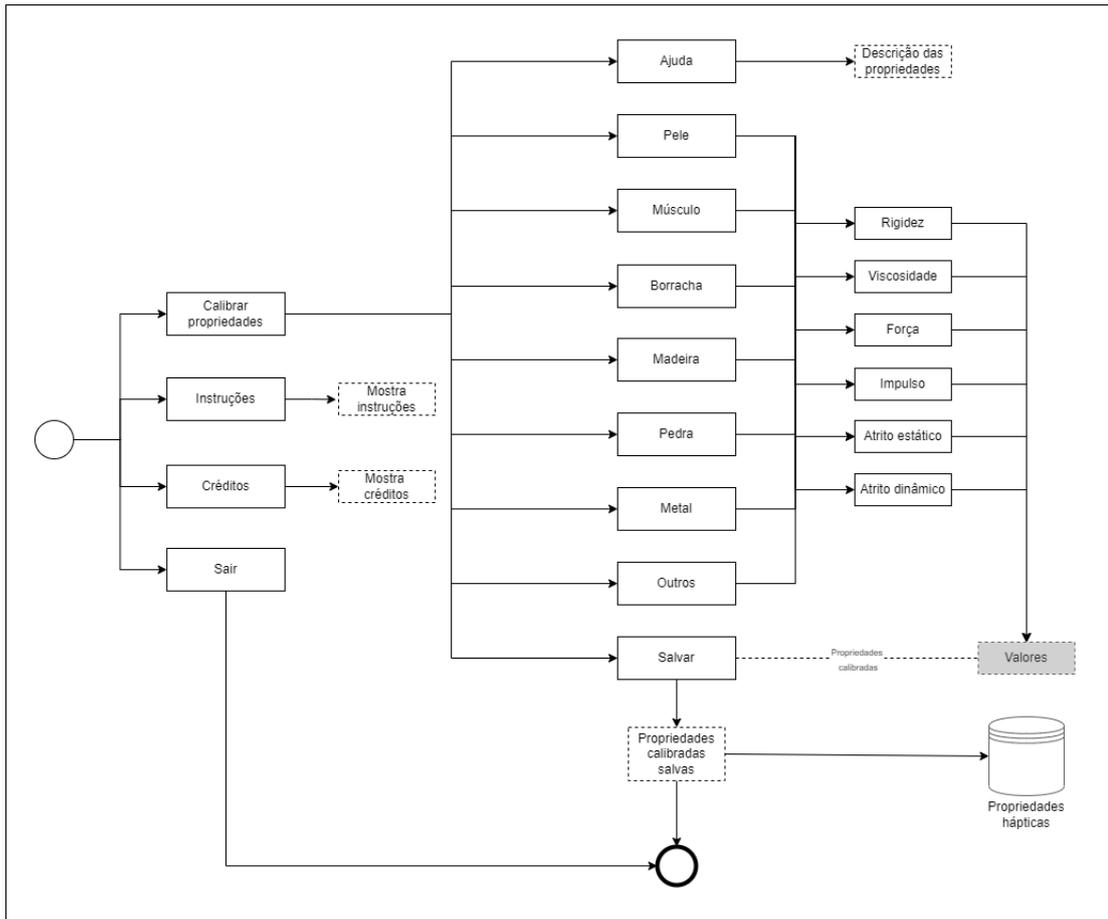
Toda a lógica de funcionamento do AnesteSIM foi desenvolvida com o propósito específico de atender aos objetivos da pesquisa. A implementação abrangeu a criação do modelo

de interação do usuário, a adaptação dos parâmetros físicos para simular a resposta tátil, a integração dos módulos de avaliação automatizada e a definição da lógica para o processamento e a exibição do *feedback* de desempenho.

#### 4.5 CALIBRAÇÃO HÁPTICA DE MATERIAIS 3D

A interação háptica, que fornece reações táteis e de resistência, no ambiente tridimensional do AnesteSIM é controlada pelo dispositivo Touch, um braço robótico que funciona com seis graus de liberdade, permitindo movimentos de translação e rotação em três eixos. O dispositivo rastreia a posição nas coordenadas X, Y e Z em resposta aos movimentos do usuário no ambiente virtual. Quando há colisões entre a representação do dispositivo e os objetos virtuais, o usuário recebe *feedback* tátil e de força, simulando as propriedades físicas dos objetos, similar ao que seria sentido no mundo real. Esse sistema de interação háptica foi integrado ao simulador com o objetivo de reproduzir com realismo a sensação tátil experimentada pelo anestesista durante a inserção da agulha na técnica de anestesia raquidiana.

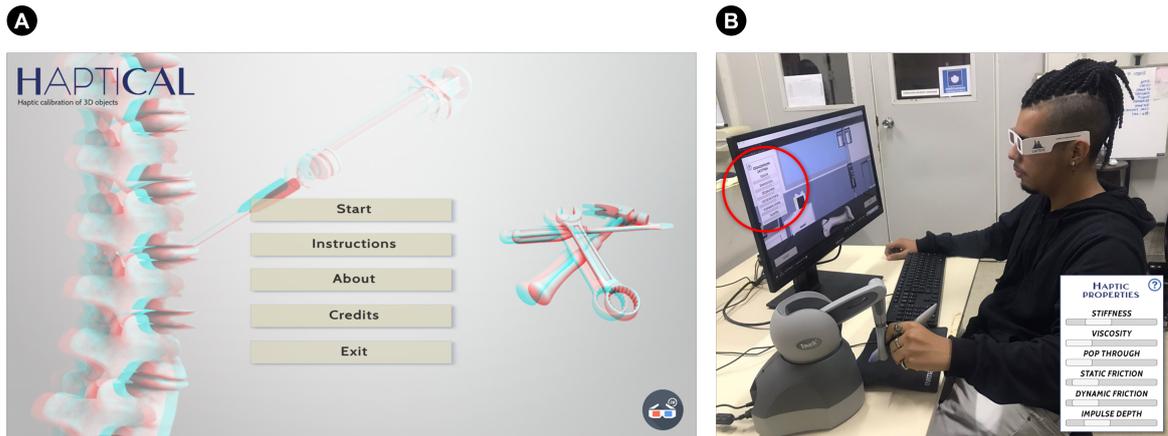
Para definir as propriedades hápticas dos objetos virtuais, foi desenvolvido um sistema de calibração háptica, o HaptiCAL (ANDRADE *et al.*, 2023). O HaptiCAL possibilita experimentar e configurar as propriedades táteis e de força dos materiais 3D, além de exportar os valores ajustados para um arquivo XML para uso em ambientes virtuais de treinamento com suporte a recursos de interação tátil. Esse sistema permitiu que os especialistas testassem, de maneira simples e intuitiva, diferentes combinações de propriedades físicas da coluna e da pele, facilitando a identificação da configuração que melhor reproduz a sensação real experimentada durante a execução do bloqueio. A Figura 7 mostra o fluxograma de funcionamento do HaptiCAL.



**Figura 7 – Fluxograma do calibrador háptico de materiais 3D.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema inicia com uma tela de menu principal (Figura 8A), na qual são apresentadas cinco opções: Iniciar, Instruções, Sobre, Créditos e Sair. Ao selecionar a opção Iniciar, o usuário tem a possibilidade de escolher entre diferentes materiais para calibração, como osso, pele, músculo, além de uma opção genérica destinada a outros tipos de materiais. A seleção desses materiais foi baseada em demandas comuns de ambientes virtuais voltados ao treinamento na área da Saúde, corroboradas pela literatura especializada. No entanto, o sistema possui flexibilidade suficiente para ser utilizado em outras áreas do conhecimento. Uma vez escolhido o material para calibração (Figura 8B), o usuário pode ajustar diversas propriedades hápticas, incluindo rigidez, viscosidade, perfuração, fricção estática, fricção dinâmica e profundidade de impulso.



**Figura 8 – Sistema HapticCAL: (A) Tela inicial e (B) Demonstração de calibração háptica.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema HapticCAL foi avaliado pelos usuários pertencentes ao público-alvo, demonstrando resultados excelentes (ANDRADE *et al.*, 2023). O questionário avaliativo que foi aplicado pode ser consultado no Apêndice B. Essa ferramenta facilita a avaliação de diferentes combinações de propriedades hápticas, proporcionando aos especialistas uma interface simples e intuitiva para identificar a configuração mais fiel à sensação real experimentada durante o procedimento de anestesia raquidiana.

O HapticCAL foi desenvolvido utilizando a engine Unity 3D (Unity Technologies, 2024), escolhida pelo seu suporte à integração com dispositivos hápticos. O dispositivo háptico utilizado foi o Touch (3D Systems, 2024) e a integração entre o *Touch* e o Unity 3D foi realizada com o *asset Haptics Direct for Unity V1*. A aplicação é projetada para *desktop*, exigindo um computador com um mouse e um dispositivo Touch.

As propriedades hápticas dos materiais virtuais do AnesteSIM foram definidas a partir da calibração realizada por especialistas da área de anestesiologia, que utilizaram o HapticCAL para experimentar diferentes configurações e validar a resposta tátil do sistema. Durante esse processo, foram ajustados parâmetros táteis garantindo que a experiência simulada refletisse com maior fidelidade as sensações reais do procedimento. A validação ocorreu iterativamente, permitindo refinamentos com base no *feedback* dos especialistas até que se alcançasse um nível de realismo satisfatório para o treinamento em ambiente virtual. O sistema HapticCAL foi desenvolvido pelo autor deste estudo para permitir a calibração intuitiva e precisa das propriedades táteis e de resistência de materiais 3D.

#### 4.6 AVALIAÇÃO DAS HABILIDADES DO USUÁRIO

As ações para cada etapa do procedimento anestésico (PRÉ, INTER e PÓS) foram definidas com base em critérios previamente estabelecidos (Figura 5). Para cada ação, foi atribuída uma prioridade, sendo classificada como obrigatória ou opcional. Também foram especificadas as possíveis respostas do usuário, bem como a referência para a avaliação de cada decisão, identificando se a resposta é correta ou incorreta.

Essas informações foram fundamentais para a definição dos critérios avaliativos do AnesteSIM. A Tabela 8 detalha as ações a serem realizadas na etapa PRÉ, a Tabela 9 apresenta as ações correspondentes à etapa INTER, e a Tabela 10 descreve as ações da etapa PÓS. Cada tabela contém a descrição das ações, suas prioridades e as diretrizes para a correta avaliação das respostas dos usuários. A Tabela 8 apresenta a variação do volume de anestésico em um intervalo de 1 a 4 mL. O volume exato é determinado conforme o procedimento cirúrgico a ser realizado, descrito no perfil do paciente (Tabela 7). Para a cesariana, o volume recomendado varia entre 2,5 e 3 mL; para artroscopia, 3 mL; e para a retirada de safena, 4 mL. Esses valores, assim como os definidos para as demais ações foram determinados pelos especialistas.

Tabela 8 – Ações a serem realizadas na etapa PRÉ da anestesia raquidiana

#	Ação	Prioridade	Resposta	Referência
1	Selecionar aparato	Obrigatório	Gorro	Correto
			Máscara	Correto
			Celular	Incorreto
			Roupa do bloco	Correto
2	Antissepsia das mãos	Obrigatório	Realizar	Correto
			Não realizar	Incorreto
3	Conferir material de segurança	Obrigatório	Conferir	Correto
			Não conferir	Incorreto
			Interromper	Incorreto
4	Conversar com o paciente	Obrigatório	Conversar	Correto
			Não conversar	Incorreto
5	Olhar prontuário	Obrigatória	Olhar	Correto
			Não olhar	Incorreto
			Interromper	Incorreto
6	Realizar monitorização pré-anestésica	Obrigatório	Colocar oxímetro	Correto
			Não colocar oxímetro	Incorreto
			Colocar esfigmomanômetro	Correto
			Não colocar esfigmomanômetro	Incorreto
			Conectar eletrocardiógrafo	Correto
7	Proceder a venoclise	Obrigatório	Realizar	Correto
			Não realizar	Incorreto
8	Administrar midazolam	Opcional	Administrar	Correto
			Não administrar	Correto
9	Escolher materiais	Obrigatório	Agulha Tuohy	Incorreto
			Agulha Crawford	Incorreto
			Agulha Quinckle	Correto
			Agulha Weiss	Incorreto
			Agulha Greene	Correto
			Agulha Whitacre	Correto
			Agulha Sprotte	Correto
			Nenhuma agulha	Incorreto
			Seringa 60mL	Incorreto
			Seringa 30mL	Incorreto
		Obrigatório	Seringa 20mL	Incorreto
			Seringa 10mL	Correto
			Seringa 5mL	Correto
			Seringa 3mL	Correto
			Nenhuma seringa	Incorreto
		Obrigatório	Anestésico lidocaína	Pouco recomendado
			Anestésico Levobupivacaína	Correto, mas pouco recomendado em Cesária
			Anestésico Bupivacaína	Correto
			Nenhum anestésico	Incorreto
			Obrigatório	Anestésico (mL): 1-4
Anestésico (mL): >4	Incorreto			
Obrigatório	Selecionar campo cirúrgico		Correto/recomendado	
	Não selecionar campo cirúrgico		Correto	
Obrigatório	Selecionar gaze		Correto	
	Não selecionar gaze		Incorreto	
Obrigatório	Selecionar pinça	Correto		
	Não selecionar pinça	Incorreto		
Obrigatório	Selecionar luva estéreo	Correto		
	Não selecionar luva estéreo	Incorreto		
Obrigatório	Selecionar antisséptico PVPI	Incorreto		
	Selecionar antisséptico Clorexidina	Correto		
	Selecionar antisséptico álcool etílico	Correto		
	Não selecionar antisséptico	Incorreto		

#	Ação	Prioridade	Resposta	Referência
10	Posicionar paciente	Obrigatório	Sentado	Correto
			Decúbito lateral	Correto
11	Antissepsia do local da punção	Obrigatório	Realizar	Correto
			Não realizar	Incorreto

Fonte: Elaborada pelo autor.

**Tabela 9 – Ações a serem realizadas na etapa INTER da anestesia raquidiana**

#	Ação	Prioridade	Resposta	Referência
1	Selecionar região da punção	Obrigatório	L2-L3 ou L3-L4	Correto
			$\neg$ (L2-L3 ou L3-L4)	Incorreto
			Interromper	Incorreto
2	Inserir agulha	Obrigatório	Até 3 tentativas	Correto
			Mais de 3 tentativas ou interromper	Incorreto
3	Verificar sinal de localização	Obrigatório	Verificar	Correto
			Interromper	Incorreto
4	Injetar solução anestésica	Obrigatório	Injetar	Correto
			Interromper	Incorreto
5	Retirar a agulha	Obrigatório	Retirar	Correto
			Interromper	Incorreto

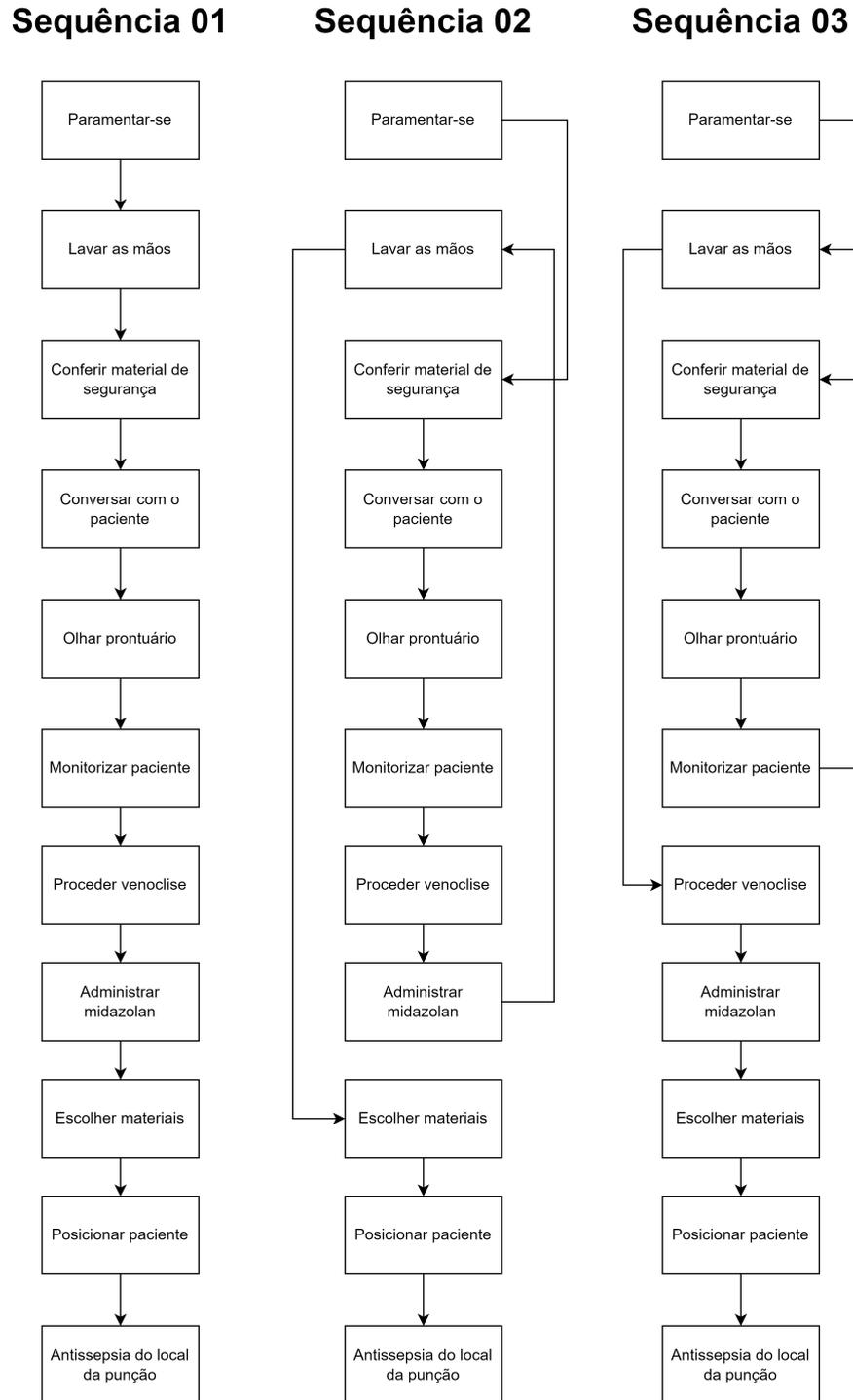
Fonte: Elaborada pelo autor.

**Tabela 10 – Ações a serem realizadas na etapa POS da anestesia raquidiana**

#	Ação	Prioridade	Resposta	Referência
1	Verificar nível de bloqueio	Obrigatório	Verificar	Correto
			Não verificar	Incorreto
2	Realizar monitorização pós-anestésica	Obrigatório	Monitorizar	Correto
			Não monitorizar	Incorreto
3	Preencher ficha de anestesia	Obrigatório	Preencher	Correto
			Não preencher	Incorreto

Fonte: Elaborada pelo autor.

No contexto da anestesia raquidiana, as ações executadas no simulador podem ser classificadas como corretas ou incorretas, sem a possibilidade de resultados intermediários. No entanto, há certa flexibilidade na sequência de execução das atividades na etapa PRÉ, permitindo variações sem comprometer a técnica. Assim, os especialistas definiram três sequências alternativas que permitem a correta realização do procedimento, conforme é mostrado na Figura 9.

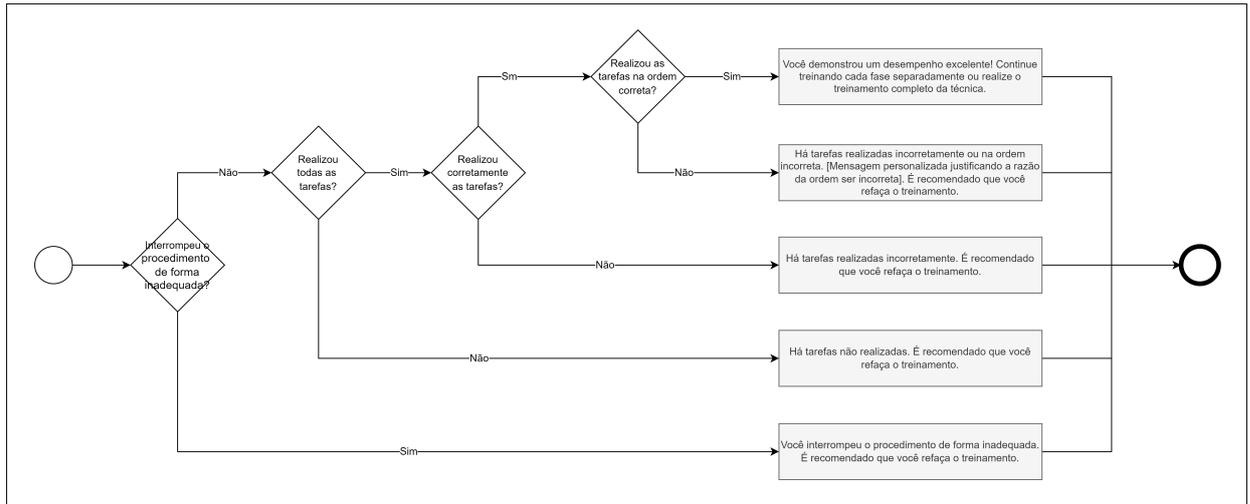


**Figura 9 – Sequências para as ações da etapa PRÉ.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesse sentido, a avaliação do desempenho no simulador considera: 1) se o procedimento foi interrompido de forma inadequada; 2) se todas as tarefas previstas foram concluídas; 3) se todas as tarefas foram realizadas corretamente; e 4) se as tarefas seguiram uma sequência aceitável (Figura 10). Além disso, para cada ação, o usuário recebe um *feedback* detalhado, indicando se a ação foi executada corretamente, incorretamente ou se foi omitida.

No AnesteSIM, as tarefas são realizadas de forma sequencial e não se repetem ao longo da simulação, garantindo uma experiência estruturada para o usuário. A única exceção é a punção da agulha, na etapa INTER, para a qual são permitidas até três tentativas antes da interrupção do procedimento. Esse número de tentativas foi definido em conjunto com um especialista, considerando a prática clínica e a necessidade de proporcionar um treinamento realista sem comprometer a curva de aprendizado.



**Figura 10 – Feedback avaliativo do AnesteSIM.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

O tempo para realização das tarefas não foi incluído como critério de avaliação nesta fase do estudo. Em consulta com especialistas, considerou-se que a correta execução do procedimento deveria ser priorizada, garantindo que os usuários adquirissem a habilidade de realizar a anestesia raquidiana com segurança e precisão. O tempo de execução foi identificado como um aspecto de aprimoramento que pode ser incorporado em futuras versões do simulador, à medida que os usuários ganhem proficiência na técnica.

Visando maximizar a eficiência pedagógica, os especialistas decidiram que o *feedback* deveria ser fornecido ao final de cada sessão de treinamento, permitindo uma revisão completa do desempenho antes de novas tentativas. Essa abordagem facilita a reflexão e a correção de erros, promovendo um aprendizado mais eficaz.

O AnesteSIM fornece dois tipos principais de *feedback* ao usuário. O *feedback* tátil ocorre em tempo real durante a etapa INTER, permitindo que o usuário perceba a resistência à medida que a agulha é inserida. Já o *feedback* textual é gerado ao final do treinamento, consolidado em um relatório detalhado que descreve as ações realizadas, indicando acertos e erros, bem como sugestões de melhoria com base nas respostas do usuário.

#### 4.7 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Com base na definição dos requisitos (Tabelas 8, 9 e 10), foi desenvolvido o AnesteSIM. Após a implementação da primeira versão do simulador, foram realizadas reuniões periódicas com um especialista na área, também docente da residência em Anestesiologia. O processo de verificação teve como objetivo assegurar a correspondência precisa entre as tarefas simuladas e o procedimento real da anestesia raquidiana. Além de validar as funcionalidades implementadas, o especialista identificou a necessidade de ajustes, incluindo a calibração do *feedback* tátil e a definição de critérios claros para a avaliação dos residentes. Essas interações resultaram na versão final do simulador, refinada para atender às exigências da prática anestésica e da avaliação de habilidades do aprendiz.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados da implementação do AnesteSIM, além da aplicação do modelo de decisão utilizado para a avaliação das habilidades dos usuários. Em seguida, são apresentados e discutidos os resultados da avaliação de usabilidade realizada com residentes e anesthesiologists.

### 5.1 SIMULADOR PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA RAQUIDIANA

O AnesteSIM é um simulador de RV projetado para o treinamento na técnica de anestesia raquidiana. Ele integra recursos de interação tátil e permite a avaliação *online* das habilidades do usuário após o processo de treinamento. O simulador registra as ações executadas durante o treinamento e, ao final, fornece um relatório detalhado sobre o desempenho do usuário. A interface inicial do AnesteSIM é apresentada na Figura 11, que ilustra o menu inicial do simulador.

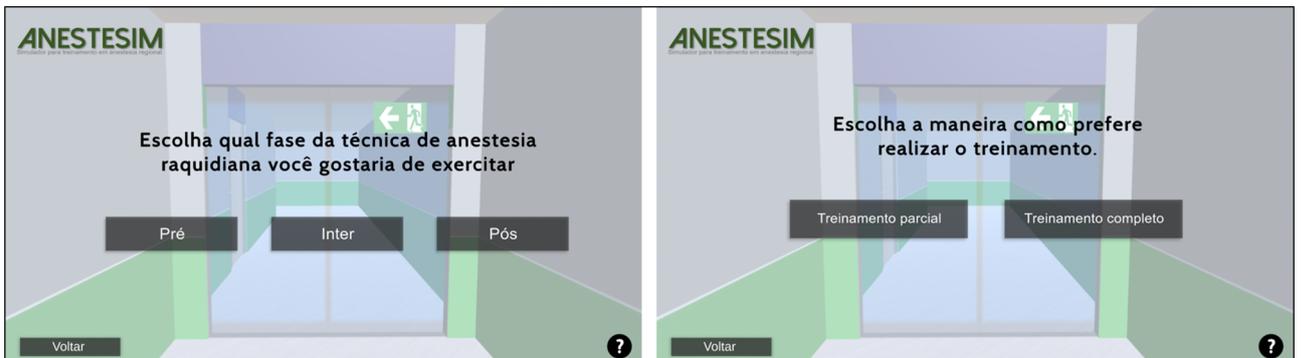


**Figura 11 – Tela de menu inicial do AnesteSIM.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

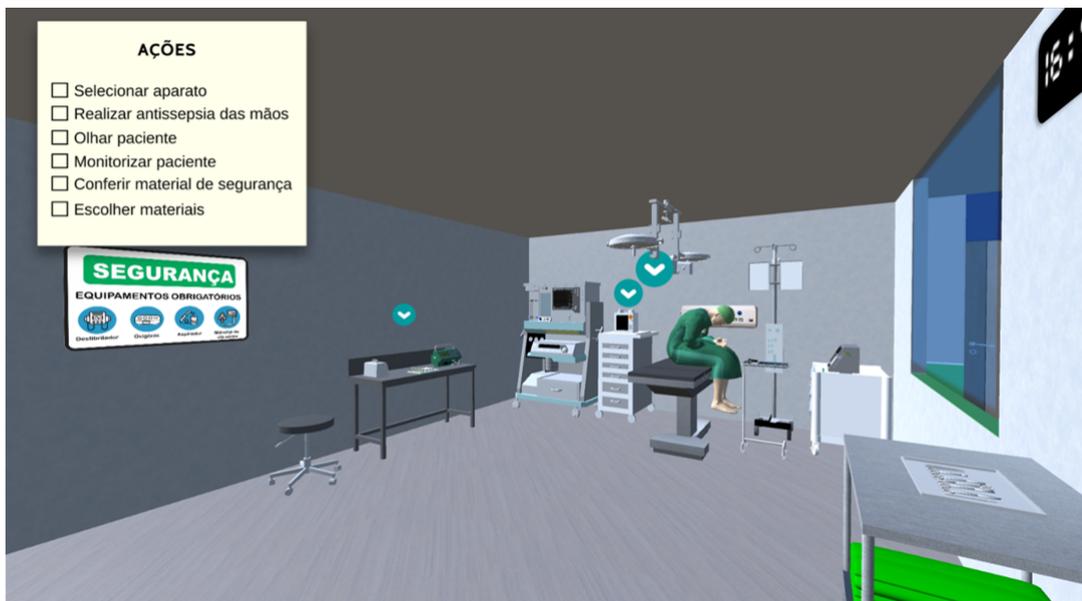
Em seguida, a Figura 12 apresenta as telas de menus de escolha, permitindo que o usuário selecione o tipo de treinamento e, no caso de selecionar o treinamento parcial, escolher qual fase da técnica desejam treinar. A Figura 13 mostra a visão geral do bloco cirúrgico do AnesteSIM, proporcionando um ambiente imersivo para a simulação. Os apontadores verdes

indicam a presença de tarefas a serem realizadas ao interagir com os respectivos objetos no ambiente simulado.



**Figura 12 – Telas de menu para seleção do tipo de treinamento.**

Fonte: Elaborada pelo autor.



**Figura 13 – Visão geral do bloco cirúrgico do AnesteSIM.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

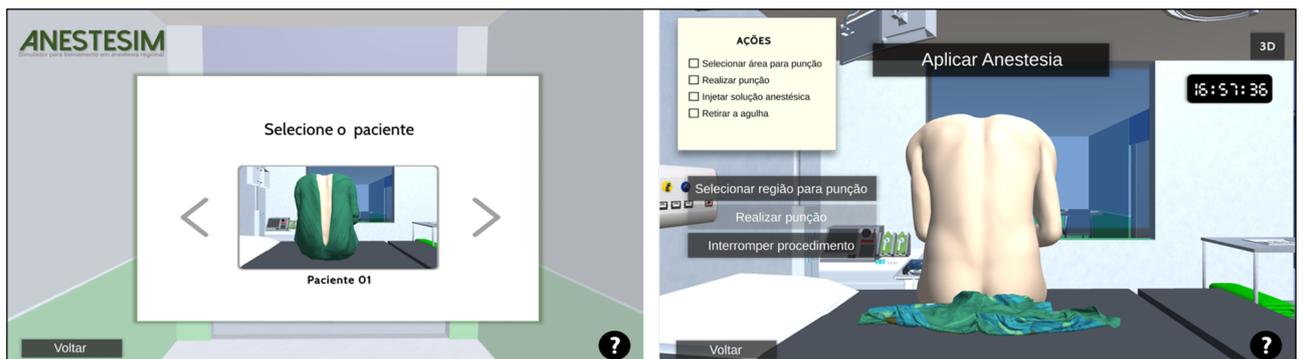
A fase inicial do treinamento, denominada etapa PRÉ, envolve ações referentes à preparação do paciente e do ambiente para a administração da anestesia. A Figura 14 mostra a realização da antisepsia das mãos, uma das ações presentes na etapa.



**Figura 14 – Ação de antissepsia das mãos no AnesteSIM.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 15 mostra a fase INTER, na qual o residente executa a técnica de anestesia raquidiana. Durante esta fase, o usuário deve interagir utilizando o dispositivo háptico Touch para experimentar as sensações de toque e resistência da punção da agulha. No caso do treinamento parcial, o usuário poderá escolher o perfil (Figura 15 - esquerda) do paciente no qual irá treinar a técnica. No treinamento completo, o paciente é selecionado de forma aleatória, ainda na etapa PRÉ, pelo próprio simulador.



**Figura 15 – Telas da fase INTER.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, a Figura 16 mostra o relatório de desempenho da etapa PÓS. Após a conclusão da simulação, independentemente do tipo de treinamento, este relatório detalha as ações realizadas pelo usuário ressaltando seu acertos e pontos que requerem aprimoramento.



**Figura 16 – Relatório de desempenho do usuário na fase PÓS.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

O vídeo demonstrativo do AnesteSIM está disponível no seguinte link: <https://youtu.be/Zesrvv0CpVo>. Nele, são apresentadas as funcionalidades do simulador, os dispositivos de interação utilizados, bem como um exemplo de *feedback* avaliativo.

## 5.2 MODELO DE DECISÃO PARA AVALIAÇÃO DE HABILIDADES

Considerando as variáveis identificadas para avaliação no AnesteSIM, descritas no Capítulo 4, optou-se pela implementação de um modelo avaliativo inteligente baseado em SBR. Esse tipo de abordagem é adequada para cenários em que as atividades são descritas por critérios objetivos e mensuráveis, permitindo a criação de regras claras que refletem o desempenho esperado em cada tarefa. A escolha de ser um SBR é justificada por sua capacidade de simplificar o processo de avaliação, torná-lo mais transparente e garantir a consistência na análise dos resultados.

Além disso, SBRs oferecem a vantagem de permitir avaliações em tempo real, com *feedback* imediato para o usuário, o que é fundamental no contexto de simulações interativas de treinamento. Parâmetros como precisão do movimento e sequência de ações são definidos com base nas expectativas estabelecidas por especialistas, assegurando que as práticas estejam alinhadas aos padrões esperados.

Para validar o modelo em questão, foram definidos cenários variados de forma aleatória, permitindo a análise abrangente de todos os tipos de *feedback* possíveis (Figura 10) fornecidos

pelo AnesteSIM nos relatórios de avaliação do usuário. Os testes realizados evidenciam a eficácia do modelo, consolidando que é plenamente viável realizar uma avaliação objetiva e precisa das habilidades psicomotoras e cognitivas dos estudantes em ambientes de RV. A descrição detalhada dos cenários analisados encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Cenários de teste para o modelo de decisão

	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03	Cenário 04	Cenário 05
Interrompeu procedimento	Não	Não	Não	Não	Sim
Realizou todas as tarefas	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Realizou corretamente todas as tarefas	Sim	Sim	Não	Não	Não
Realizou as tarefas na ordem correta	Sim	Não	Sim	Sim	Não
<i>Feedback</i>	Você demonstrou um desempenho excelente! Continue treinando cada fase separadamente ou realize o treinamento completo da técnica.	Há tarefas realizadas incorretamente ou na ordem incorreta. [Mensagem personalizada justificando a ordem incorreta em que foram realizadas as tarefas]. É recomendado que você refaça o treinamento.	Há tarefas realizadas incorretamente. É recomendado que você refaça o treinamento.	Há tarefas não realizadas. É recomendado que você refaça o treinamento.	Você interrompeu o procedimento incorretamente. É recomendado que você refaça o treinamento.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

Nesta seção, é apresentado e discutido os resultados do questionário SUS aplicado para avaliar a usabilidade e a facilidade de aprendizado do AnesteSIM. A análise concentrou-se nas percepções dos voluntários em relação à interface e à funcionalidade do simulador, identificando tanto os pontos fortes quanto as áreas que necessitam de melhorias. O questionário aplicado pode ser consultado no Apêndice C.

#### 5.3.1 Caracterização da Amostra

A amostra consistiu em 11 voluntários, incluindo anesthesiologistas ( $n = 3$ ) e residentes em anesthesiologia ( $n = 8$ ), distribuídos da seguinte forma: 3 residentes do primeiro ano (R1), 4 do segundo ano (R2) e 1 do terceiro ano (R3). A Tabela 12 apresenta informações dos voluntários da pesquisa. Quando questionados sobre como ocorreu/ocorre o treinamento prático para a realização de anestesia raquidiana, a maioria dos voluntários afirmou que o treinamento foi realizado diretamente em pacientes reais, sob a supervisão de um tutor mais experiente ( $n = 10$ ). Apenas um dos voluntários, um anesthesiologista, mencionou que seu treinamento foi realizado por meio de simulações computacionais ( $n = 1$ ). No entanto, ele não forneceu mais detalhes sobre a natureza dessa simulação, que poderia incluir modelos físicos (manequins) que respondem às ações do aprendiz, simulando sinais vitais do paciente.

Ao avaliarem o treinamento que receberam, em uma escala de 1 (completamente teórico) a 5 (completamente prático), a maior concentração de respostas foi 5 ( $n = 5$ ), seguida pela classificação 4 ( $n = 3$ ), sugerindo que muitos voluntários percebem o treinamento como prático ou muito prático. Isso indica que, em geral, o treinamento é predominantemente orientado para a prática. Cerca de 82% dos voluntários (9 em 11) afirmaram que o treinamento prático ocorreu/ocorre com muita frequência, sugerindo que eles têm muitas oportunidades de aplicação prática no treinamento de anestesia raquidiana. Em suma, o treinamento prático é comum para a maioria, mas houve exceções ( $n = 2$ ) atribuídas à problemas logísticos, como a disponibilidade de equipamentos

**Tabela 12 – Informações sobre os voluntários da pesquisa, incluindo: número de identificação, formação acadêmica, ano de conclusão ou previsão de término da residência, instituição e estado onde a residência médica foi realizada ou está sendo realizada.**

Voluntário	Nível de formação	Ano de Conclusão/Previsão	Instituição/Estado
V0001	Anestesiologista	2020	IMIP/PE
V0002	Anestesiologista	2011	HULW/PB
V0003	Residente – R3	2025	HULW/PB
V0004	Residente – R2	2026	HULW/PB
V0005	Anestesiologista	2019	HC-UFPE/PE
V0006	Residente – R1	2027	HULW/PB
V0007	Residente – R2	2026	HULW/PB
V0008	Residente – R2	2026	HULW/PB
V0009	Residente – R2	2026	HULW/PB
V0010	Residente – R1	2027	HULW/PB
V0011	Residente – R1	2027	HULW/PB

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação à confiança, em uma escala de 1 (muito inseguro) a 5 (muito confiante), ao realizar uma anestesia raquidiana pela primeira vez, cerca de 64% dos voluntários (7 em 11) relataram ter baixa confiança (respostas 1 ou 2), com 4 voluntários escolhendo a resposta 1 e 3 voluntários escolhendo a resposta 2. Três voluntários sentiram-se muito confiantes (resposta 5). Isso sugere que a experiência inicial é frequentemente desafiadora, indicando que suporte adicional e mais oportunidades de prática podem ser benéficos para aumentar a confiança dos novos praticantes em suas primeiras tentativas. Portanto, destaca-se a necessidade de um treinamento robusto e de suporte prático contínuo.

Dos voluntários, aproximadamente 55% (6 em 11) demonstraram alta familiaridade com o uso de dispositivos tecnológicos, sugerindo um bom domínio geral dessas ferramentas. Além disso, cerca de 82% (9 em 11) dos voluntários relataram usar ferramentas digitais para aprendizado com frequência considerável, indicando uma alta integração dessas tecnologias em seus processos de aprendizagem. Adicionalmente, 91% (10 em 11) voluntários consideram o uso de ferramentas digitais como muito importante para adquirir ou melhorar suas habilidades clínicas. Há um consenso sobre a importância das ferramentas digitais para o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades clínicas, refletindo uma visão positiva e integrada dessas tecnologias na formação e prática profissional. Essas constatações destacam a necessidade contínua de integração e suporte às tecnologias digitais no contexto educacional e clínico, para melhorar a eficiência e a qualidade da aprendizagem e prática médica.

### 5.3.2 Avaliação de usabilidade do AnesteSIM

Conforme mencionado na seção 3.4, este estudo utilizou o questionário SUS para avaliar a usabilidade do AnesteSIM. Os resultados do questionário indicaram que os qualificadores de usabilidade variaram entre **Bom**, **Excelente** e **Melhor Alcançável**. Entre os voluntários, 18% (2 de 11) consideraram o simulador como Bom, 55% (6 de 11) como Excelente e 27% (3 de 11) como Melhor Alcançável. Os resultados estão detalhados na Tabela 13, que apresenta o escore individual e a classificação referente de cada voluntário.

**Tabela 13 – Escore individual e classificação obtidas a partir do questionário SUS**

Voluntário	Escore individual	Classificação
V0001	80	Excelente
V0002	82,5	Excelente
V0003	80	Excelente
V0004	77,5	Excelente
V0005	60	Bom
V0006	82,5	Excelente
V0007	87,5	Melhor Alcançável
V0008	90	Melhor Alcançável
V0009	60	Bom
V0010	77,5	Excelente
V0011	90	Melhor Alcançável

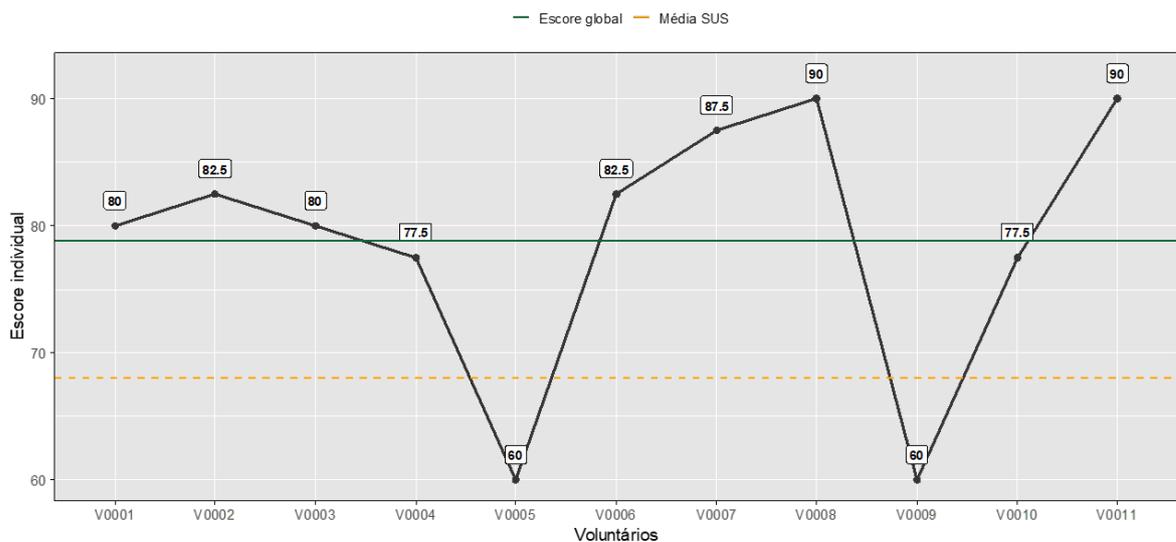
Fonte: Elaborada pelo autor.

A média de pontuação do questionário SUS é de 68, valor amplamente aceito como referência em estudos de usabilidade (SAURO; LEWIS, 2016). Esse valor foi estabelecido com base em análises longitudinais que examinaram um grande número de avaliações de diversos sistemas. A pontuação de 68 é utilizada como um limiar para determinar a qualidade da usabilidade. Isto é, sistemas que obtêm pontuações inferiores a esse valor são geralmente classificados como abaixo da média, enquanto pontuações superiores indicam uma usabilidade considerada satisfatória ou acima da média.

Considerando que o escore individual representa uma quantificação de informações originalmente categóricas, o ideal seria analisar os resultados utilizando a mediana desse conjunto de valores. No entanto, dado que o material base do instrumento avaliativo em questão estabelece a média como referência, opta-se por utilizá-la a fim de permitir comparações. Essa abordagem é necessária, uma vez que a comparação da mediana obtida neste estudo com a média proposta pelo instrumento seria metodologicamente inadequada.

A média global, calculada com a média dos escores individuais, foi de 78,8 (mínimo = 60; máximo = 90; amplitude = 30), classificando o simulador como Excelente. A mediana,

por sua vez, foi de 80. A avaliação do sistema não teve nenhuma classificação negativa. A avaliação demonstrou que o AnesteSIM é utilizável, e os voluntários destacaram seu potencial para complementar o treinamento da técnica de anestesia raquidiana, além de reforçar outras tarefas relacionadas, como a organização do bloco cirúrgico, a ordem das tarefas e a preparação e acompanhamento do paciente. Para melhor visualização dos resultados do questionário SUS, foi construído um gráfico, como mostra a Figura 17.



**Figura 17 – Escores individuais por voluntário com indicação da média do SUS e média deste estudo.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

O questionário SUS oferece uma avaliação que envolve a usabilidade de um sistema, assim como a facilidade de aprendizado associada. Através da análise das perguntas relacionadas a esses elementos, é possível realizar uma investigação mais focada nos aspectos específicos ressaltados pelos usuários.

### 5.3.2.1 Facilidade de aprendizado

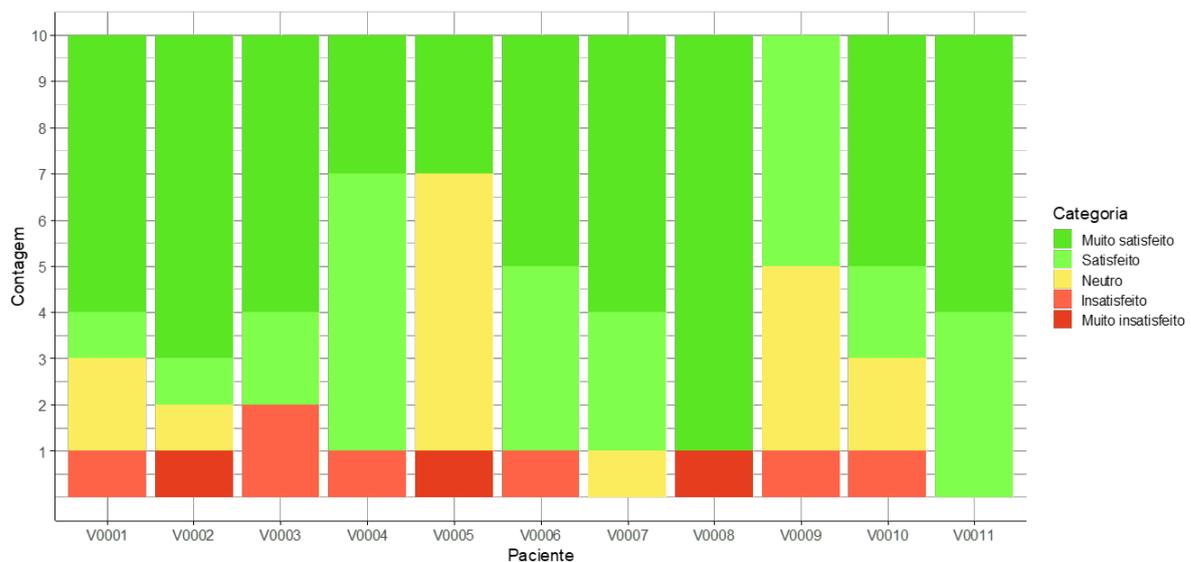
Segundo Brooke *et al.* (1996), no questionário SUS (Tabela 5), as perguntas P4 e P10 tratam da facilidade de aprendizado do usuário com a aplicação. De acordo com as respostas obtidas, para a P4, a maioria dos voluntários (6 de 11) expressou que não necessitaria de ajuda para utilizar o simulador (respostas 1 e 2). Para a P10, seis dos onze voluntários discordaram totalmente que precisaram aprender muitas coisas antes de usar o simulador (resposta 1). Quatro voluntários escolheram a nota 2, indicando uma leve discordância, e apenas um voluntário respondeu com a nota 3, sugerindo uma opinião neutra. Os voluntários relataram que o simulador

foi intuitivo e simples de usar, não exigindo um aprendizado prévio extenso. Esta resposta positiva sugere que o simulador pode ter sido bem desenvolvido em termos de interface e usabilidade.

Dessa forma, conclui-se que o AnesteSIM é fácil de ser utilizado para a maioria dos usuários, conforme evidenciado pelas respostas. A maior parte dos voluntários não encontrou dificuldades ao usar o simulador e não necessitou de ajuda técnica adicional, indicando que o planejamento e estrutura visual dos elementos da simulação estão adequados e o sistema é de fácil aprendizado. No entanto, as respostas que indicaram leve discordância e uma opinião neutra sugerem que ainda há espaço para melhorias. A inclusão de recursos adicionais, como tutoriais ou guias rápidos, assim como mais oportunidades de uso do simulador podem ajudar a tornar a experiência de uso mais consistente e acessível.

### 5.3.2.2 Usabilidade

As considerações dos voluntários sobre a usabilidade da aplicação são obtidas nas perguntas P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8 e P9. As perguntas ímpares abordam aspectos positivos da aplicação, portanto, quanto mais próxima a resposta for de 5, melhor será a avaliação do item. Já as perguntas pares tratam de aspectos negativos da aplicação, assim, quanto mais próxima a resposta for de 1, melhor será a avaliação do item. A figura 18 mostra uma visão geral dos resultados obtidos por pergunta.



**Figura 18 – Resultado simplificado ordenado do questionário SUS.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quanto aos aspectos positivos da usabilidade, um número considerável de respostas

recebeu a nota 5 (24 de 53 ), indicando total concordância dos voluntários, enquanto outras respostas (15 de 53) obtiveram nota 4, demonstrando uma concordância forte. Com 73,6% das respostas concentradas nas notas 4 e 5. A distribuição dos dados sugere uma percepção positiva geral em relação à usabilidade do simulador.

Sobre a P1, as respostas foram bastante dispersas, com uma leve concentração no valor central (3), indicando uma posição neutra, sugerindo uma falta de consenso claro sobre o desejo de usar o simulador frequentemente. É importante ressaltar que as discordâncias, tanto totais (n = 1) quanto fortes (n = 2), foram majoritariamente de anesthesiologists. Isso pode sugerir uma baixa motivação para utilizar o simulador devido à falta de tempo ou à percepção de que o treinamento não é mais necessário. Além disso, um desses profissionais mencionou ter pouca familiaridade e disposição para usar ferramentas tecnológicas, o que também pode ser um fator relevante. Para aumentar a frequência de uso, pode ser necessário realizar melhorias no simulador, visando aumentar o conforto e a familiaridade dos usuários com a ferramenta, especialmente entre os profissionais mais experientes ou aqueles com pouca familiaridade com tecnologia.

A maior parte dos voluntários (9 de 11) concordou plenamente que o simulador é fácil de usar (P3), com apenas uma pessoa discordando totalmente. Além disso, quase todos (10 de 11) acreditam que outros usuários aprenderão rapidamente a utilizar o simulador (P7), com apenas uma resposta neutra. Embora menos voluntários tenham se sentido totalmente confiantes ao usar o simulador (P9) (2 de 11), a maior parte ainda indicou um nível razoável de confiança (6 responderam 4). É importante notar que alguns voluntários podem ter pouca familiaridade com as tecnologias utilizadas no simulador e que todos tiveram apenas uma oportunidade de utilizá-lo, o que pode influenciar diretamente na confiança ao utilizar o AnesteSIM.

Com base nas respostas obtidas na P5, observou-se que 64% dos voluntários (7 de 11) atribuíram a nota máxima de 5, indicando concordância total quanto à integração das diversas funcionalidades do simulador. Isso implica que os usuários percebem uma integração eficiente entre as diferentes partes do simulador, o que pode melhorar significativamente sua usabilidade e eficácia durante o treinamento. As respostas neutras de dois voluntários cada indicam uma discordância leve ou uma percepção moderada sobre a integração das funções, embora a predominância de avaliações altas reforce a visão positiva geral sobre esse aspecto do simulador.

Em relação aos aspectos negativos da usabilidade, a maioria das respostas (19 de 33) atribuiu a nota 1, indicando uma discordância total. Menos respostas foram dadas com as notas 2

(8 de 33), 3 (3 de 33) e 4 (3 de 33), mostrando diferentes níveis de discordância. Os resultados destacam uma predominância de discordância total quanto aos aspectos negativos da usabilidade do simulador, com a maioria das respostas concentradas na nota mais baixa da escala. Isso sugere que os voluntários não experimentaram grandes problemas ou desafios ao utilizar o simulador.

Observou-se que a maioria dos voluntários expressou forte discordância quanto à complexidade desnecessária do simulador (P2), com oito voluntários atribuindo a nota mais baixa de 1. Esses resultados sugerem que, de maneira geral, os voluntários não consideram o simulador complexo. Da mesma forma, na pergunta P8 sobre a facilidade de uso do simulador, nove voluntários atribuíram a nota 1, indicando forte discordância com a ideia de que o simulador seja muito complicado de usar. Essas respostas refletem uma visão positiva sobre a simplicidade percebida do simulador, com apenas algumas respostas mostrando uma percepção moderada de complexidade.

Na pergunta P6, que avalia a percepção de inconsistência do simulador, pode-se observar que cinco voluntários escolheram a nota 2, indicando uma leve discordância em relação à presença de inconsistências. Duas pessoas atribuíram a nota mais baixa de 1, discordando totalmente, enquanto três voluntários responderam com a nota 4, demonstrando uma percepção moderada de inconsistência.

### 5.3.2.3 Sugestões dos voluntários

Além das perguntas padrão do questionário SUS (Tabela 5), os pesquisadores incluíram uma pergunta adicional para capturar as opiniões dos usuários sobre o simulador e sugestões de melhoria. Esta pergunta extra não foi considerada no cálculo do escore SUS, pois não integra o questionário original.

Os voluntários ressaltaram que esta metodologia de treinamento é fundamental, especialmente para os residentes de anestesia no início de suas formações. Além de ensinar o procedimento em si da raquianestesia, enfatiza a importância de seguir a sequência correta de ações antes da anestesia. Como melhorias, sugeriram incluir a tarefa de oferecer suplementação para o paciente e utilizar cores como verde para acertos, vermelho para erros e amarelo para ações parcialmente corretas.

### 5.3.3 Considerações

Os resultados indicam que o AnesteSIM foi considerado um simulador coerente, fácil de utilizar e com potencial para complementar o treinamento prático em anestesia raquidiana. A diversidade da amostra, composta por anesthesiologistas e residentes em diferentes níveis de formação, proporcionou uma visão abrangente sobre o treinamento e a usabilidade do simulador. A maioria dos voluntários relatou que o treinamento prático foi realizado diretamente em pacientes reais, sob supervisão, destacando a predominância de uma abordagem prática (*hands-on*) durante sua formação. A baixa confiança inicial, relatada por 64% dos voluntários ao realizar a anestesia raquidiana pela primeira vez, sugere a necessidade de suporte adicional e mais oportunidades de prática. Isso indica que, apesar da frequência do treinamento, a confiança dos novos praticantes pode ser aprimorada com um treinamento mais robusto e suporte contínuo.

A baixa complexidade percebida e a forte crença na facilidade de aprendizado para novos usuários reforçam a eficácia do simulador como uma ferramenta de treinamento. Além disso, a integração eficiente entre as diferentes partes do simulador melhora sua usabilidade e eficácia, proporcionando uma experiência de treinamento mais coesa e prática.

Diferentemente dos residentes, alguns anesthesiologistas indicaram baixa motivação para utilizar o simulador com muita frequência. Isso pode ser atribuído à falta de tempo e à percepção de que não necessitam de treinamento adicional. Além disso, a baixa familiaridade e disposição para utilizar ferramentas tecnológicas, mencionadas por um dos profissionais, também contribuiu para essa falta de motivação. Os voluntários consideraram o simulador intuitivo, não exigindo aprendizado adicional, e relataram um nível razoável de confiança ao utilizá-lo. Nesse contexto, acredita-se que a criação de materiais de apoio ou mais tempo de prática com o simulador poderiam melhorar esses aspectos.

Os voluntários sugeriram que o *feedback* fosse imediato ou que impedisse a continuidade em caso de erro. No entanto, a decisão de permitir que os estudantes tomassem suas próprias decisões e recebessem *feedback* apenas ao final do treinamento foi uma escolha pedagógica, desenvolvida em conjunto com os especialistas. Essa abordagem busca evitar a indução ao erro por tentativa e erro e estimular o pensamento crítico, preparando melhor os estudantes para situações clínicas reais.

Esta análise revelou que o AnesteSIM foi intuitivo e fácil de usar. As preocupações com o tipo de *feedback* fornecido refletem diferenças nas expectativas dos usuários e nas abordagens

pedagógicas, sugerindo a necessidade de se analisar o impacto dos diferentes tipos de *feedback* no desenvolvimento do pensamento crítico e no desenvolvimento de habilidades clínicas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, são apresentadas as considerações finais desta tese, destacando a relevância dos achados obtidos e suas implicações para a prática anestésica. Ademais, são apontadas direções para trabalhos futuros e apresentadas as publicações resultantes deste estudo.

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou desenvolver um simulador de RV para o treinamento de residentes e anesthesiologistas na técnica de anestesia raquidiana. O currículo da Educação Médica tem se concentrado cada vez mais na aprendizagem prática, o que demanda atenção especial à avaliação das habilidades no domínio psicomotor. Essa abordagem é fundamental, pois o desenvolvimento de competências práticas é crucial para a formação de profissionais capazes de executar procedimentos complexos de forma segura e eficaz. A classificação de Dave (1970) para o domínio psicomotor abrange cinco categorias, nas quais os simuladores computacionais têm potencial para alcançar pelo menos três delas.

A revisão da literatura revelou a escassez de simulações virtuais voltadas para o treinamento em anestesia raquidiana, especialmente aquelas que incorporam propriedades táteis e avaliação *online* sobre as habilidades dos usuários. Diante desse cenário, o AnesteSIM foi desenvolvido como uma alternativa complementar ao treinamento tradicional em anestesia raquidiana, servindo como prova de conceito para verificar se é possível avaliar a aquisição de habilidades do usuário na técnica de anestesia raquidiana em ambientes de RV. O AnesteSIM integra simulação em RV com métricas específicas da técnica anestésica, permitindo a avaliação das habilidades do usuário. Seu propósito é expandir as oportunidades de prática, proporcionando uma avaliação automática do desempenho dos usuários. Assim, busca-se aumentar a confiança e a precisão de residentes e anesthesiologistas pouco experientes antes da prática em pacientes reais.

O desenvolvimento do AnesteSIM contou com a colaboração de especialistas em diversas etapas, abrangendo desde a definição do enredo e das funcionalidades até aspectos avaliativos e pedagógicos que deveriam estar presentes no simulador. No contexto da anestesia raquidiana, as ações executadas no simulador podem ser classificadas como corretas ou incorretas, sem a possibilidade de resultados intermediários. Assim, o SBR demonstrou ser o modelo de avaliação inteligente mais adequado, pois permite a formalização precisa das diretrizes que

orientam a execução correta das tarefas. Em relação à abordagem pedagógica, o *feedback* avaliativo deve ser direcionado para promover a construção do conhecimento por meio da reflexão acerca das ações realizadas pelo aprendiz durante o treinamento. É necessário evitar estratégias que condicionem o aluno a depender exclusivamente do *feedback* para agir ou que incentivem a prática de tentativa e erro sem uma compreensão adequada do propósito da tarefa executada. Nesse contexto, a adoção de um relatório detalhado ao final do treinamento, que descreva as ações do aprendiz, foi considerada a estratégia mais apropriada. Em colaboração com os especialistas, foi definida uma estrutura de *feedback* que oferece retorno sobre cada ação.

O AnesteSIM foi desenvolvido utilizando a engine Unity 3D, escolhida por seu suporte à integração com dispositivos hápticos. Esse sistema de interação foi integrado ao simulador com o intuito de reproduzir com realismo a sensação tátil experimentada pelo anestesista durante a inserção da agulha na técnica de anestesia raquidiana. Em uma avaliação realizada sobre aspectos de usabilidade, o AnesteSIM foi considerado um simulador coerente, fácil de utilizar e com potencial para complementar o treinamento prático em anestesia raquidiana.

As conclusões deste estudo reafirmam a tese de que **é possível avaliar as habilidades cognitivas e psicomotoras do usuário na realização da técnica de anestesia raquidiana em ambientes de RV**. Os objetivos estabelecidos foram alcançados com sucesso, culminando no desenvolvimento do simulador AnesteSIM, que se apresenta como uma ferramenta inovadora e promissora para o treinamento e a avaliação *online* das habilidades dos usuários. Os achados deste estudo ressaltam que:

- Além das vantagens em termos de custos e dos aspectos táteis e visuais, uma das principais vantagens dos simuladores virtuais é a possibilidade de uso a qualquer momento, sem a necessidade de supervisão, oferecendo *feedback* preciso e rápido sobre o desempenho.
- A participação frequente de especialistas contribui para o detalhamento das informações e melhora a abordagem educativa de simuladores virtuais, elevando a qualidade da aplicação.
- A avaliação *online*, especialmente quando associada a um modelo inteligente de tomada de decisão, pode fornecer *feedback* elucidativo e oportuno sobre a aquisição de habilidades do usuário, permitindo aprimoramento a partir da reflexão sobre suas ações durante o treinamento.

No entanto, embora o modelo adotado se mostre adequado para o objetivo proposto e represente uma inovação relevante no contexto de treinamento em RV para a anestesia raquidiana,

para lidar de forma mais eficaz com a incerteza associada a certas variáveis e decisões do procedimento, seria recomendável um modelo de avaliação mais robusto. Um dos principais desafios para esse aprimoramento foi a necessidade de uma participação mais ampla e contínua de especialistas para contribuir e validar tais parâmetros. A frequência de envolvimento dos especialistas revelou-se um aspecto desafiador, dada a rotina desses profissionais, o que limitou parcialmente o potencial de validação mais abrangente.

Cerca de 64% dos voluntários deste estudo relataram ter tido baixa confiança na realização da anestesia raquidiana pela primeira vez. Isso sugere que a experiência inicial é frequentemente desafiadora, indicando que suporte adicional e mais oportunidades de prática podem ser benéficos para aumentar a confiança dos novos praticantes em suas primeiras tentativas.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

Os resultados deste estudo fornecem fundamentos para futuras investigações sobre a eficácia educacional do AnesteSIM. Um dos caminhos mais promissores para os próximos estudos envolve expandir a amostra para incluir um maior número de residentes, possibilitando um acompanhamento longitudinal e uma análise mais robusta da progressão das habilidades dos usuários. Ademais, a realização de um estudo comparativo entre o desempenho e a confiança dos residentes que utilizam o AnesteSIM para o treinamento em anestesia raquidiana e aqueles que não o utilizam poderá revelar informações valiosas sobre a eficácia educacional da ferramenta.

Propõe-se também um estudo acerca de um modelo de avaliação mais robusto que lide com a incerteza inerente às respostas dos usuários para determinadas ações durante o treinamento, com o intuito de fortalecer a precisão do *feedback*. Além disso, será investigada a viabilidade do AnesteSIM como ferramenta para certificação de habilidades, ampliando seu uso para além do treinamento.

## 6.3 PUBLICAÇÕES

Foram realizadas produções por meio desta pesquisa. Nesta seção são reunidas as principais descobertas. Ao longo dos anos, foram publicados os resultados parciais e outras contribuições. As publicações em ordem cronológica foram as seguintes:

- Andrade, J. R. B. & Machado, L. (*submetido*). Simulador virtual para avaliação de habilidades em anestesia raquidiana. **Journal of Health Informatics**. 2024.

- Andrade, J. R. B. & Machado, L. (*Trabalho apresentado*). Calibração tátil de materiais 3d para ambientes virtuais de treinamento em saúde. **Anais do Congresso Nacional de Inovações em Saúde (V CONAIS)**. 2024
- Andrade, J. R. B.; Araújo, A.; Moraes, R., & Machado, L. Virtual Reality for Medical Training. **Anais Estendidos do XXVI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada**. Manaus/AM, pp. 15-16, 2024.
- Andrade, J. R. B. & Machado, L. S. Avaliação da Aquisição de Habilidades em Anestesia através de Abordagens Baseadas em Tecnologias Digitais. **Anais do Encontro Anual de Tecnologia da Informação**, v. 12, n. 1, p. 20-20, 2023.
- Andrade, J. R. B.; Machado, L. & Moraes, R. HapticCAL: A computational system for calibrating haptic properties of 3D materials. In: **6th Experiment@ International Conference (expat'23)**, 2023, Évora. Proceedings of the 6th Experiment@ International Conference (expat'23), 2023. DOI: 10.1109/exp.at2358782.2023.10546063.
- Andrade, J. R. B.; Machado, L.; Moraes & R. An intuitive system for setting haptic properties of 3D materials. In: **6th Experiment@ International Conference (expat'23)**, 2023, Évora. Proceedings of the 6th Experiment@ International Conference (expat'23), 2023. DOI: 10.1109/exp.at2358782.2023.10546092
- Andrade, J. R. B.; Machado, L.; Lopes, L. & Moraes, R. *Can We Trust Virtual Simulators for Health Education? A Study on Evaluation and Indicators of Accuracy and Reliability*. In **Comunicações em Informática**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.2595-0622.2022v6n1.62708>
- Andrade, J. R. B.; Machado, L. & Lopes, L.; Moraes, R. *Virtual simulations for health education: how are user skills assessed?*. In **Revista Brasileira de Educação Médica (RBEM)**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v46.4-20210389.ING>

O simulador AnesteSIM, desenvolvido como prova de conceito, foi registrado como Programa de Computador junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI - <https://www.gov.br/inpi/pt-br>), processo nº: BR512024004448-5. Da mesma forma, o calibrador háptico HapticCAL foi registrado como Programa de Computador no INPI, processo nº: BR512024002381-0.

## REFERÊNCIAS

- 3B Scientific. Simulador de Punção Epidural e Lombar. 2025. Acesso em: 11 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.3bscientific.com/br/simulador-de-puncao-epidural-e-lombar-1017891-p61-3b-scientific,p34453.html>>.
- 3D Systems. Touch Haptic Device. 2024. Acessado em: 11 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.3dsystems.com/haptics-devices/touch>>.
- ANDRADE, José Raul B; MACHADO, Liliane S; MORAES, Ronei Marcos de. Haptical: A computational system for calibrating haptic properties of 3d materials. *In: IEEE. 2023 6th Experiment@ International Conference (exp. at'23)*. [S.l.], 2023. p. 157–162.
- ANDRADE, José Raul de Brito; MACHADO, Liliane dos Santos; LOPES, Leonardo Wanderley; MORAES, Ronei Marcos de. Virtual simulations for health education: how are user skills assessed? **Revista Brasileira de Educação Médica**, SciELO Brasil, v. 46, n. 04, p. e130, 2022.
- ANTUNES, Celso. **Como desenvolver as competências em sala de aula**. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2011.
- AZAR, Abdeljalil; FARAHAT, Zineb; BENSLIMANE, Oumama; MEGDICHE, Kawtar; NGOTE, Nabil; SAMIR, Jamal. Implementation of a virtual reality operating room for simulation purposes in medical training. *In: IEEE. 2020 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT)*. [S.l.], 2020. p. 1–6.
- BARTOLI, Giovanna; BIMBO, Alberto Del; FACONTI, Martino; FERRACANI, Andrea; MARINI, Vittoria; PEZZATINI, Daniele; SEIDENARI, Lorenzo; ZILLERUELO, Felipe. Emergency medicine training with gesture driven interactive 3d simulations. *In: Proceedings of the 2012 ACM workshop on User experience in e-learning and augmented technologies in education*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 25–30.
- BASTABLE, Susan B; SOPCZYK, Deborah; GRAMET, Pamela; JACOBS, Karen. **Health professional as educator**. [S.l.]: Jones & Bartlett Learning, 2019.
- BAUMAN, EB. **Game-Based Teaching and Simulation in Nursing & Healthcare**. [S.l.]: New York: Springer, 2012.
- BLEZEK, Daniel J; ROBB, Richard A; MARTIN, David P. Virtual reality simulation of regional anesthesia for training of residents. *In: IEEE. Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. [S.l.], 2000. p. 8–pp.

BLOOM, Benjamin S; ENGELHART, Max D; FURST, Edward J; HILL, Walker H; KRATHWOHL, David R; SANTANA, Flávia Maria. **Taxionomia de Objetivos Educacionais. Tradução Sant'Anna, F.M. 8. ed. Porto Alegre: Editora Globo. [S.l.: s.n.], 1973.**

BOGONI, Tales Nereu; PINHO, Márcio Sarroglia. Avaliação de um simulador háptico de realidade virtual para treinamento de endodontia. *In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.: s.n.], 2014. v. 25, n. 1, p. 259.*

BOOCH, Grady. **UML: guia do usuário. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2006.**

BRAZIL, André Luiz; CONCI, Aura; CLUA, Esteban; RODRIGUEZ-HERNANDEZ, Noel; BITTENCOURT, Leonardo Kayat; RAMOS, Reinaldo Rodriguez. Force modeling and gamification for epidural anesthesia training. *In: IEEE. 2016 IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH). [S.l.], 2016. p. 1–8.*

BROOKE, J. Sus: A quick and dirty usability scale. **Usability Evaluation in Industry**, 1996.

BURDEA, Grigore; PATOUNAKIS, George; POPESCU, Viorel; WEISS, Robert E. Virtual reality training for the diagnosis of prostate cancer. *In: IEEE. Proceedings. 1998 IEEE International Conference on Information Technology Applications in Biomedicine, ITAB'98 (Cat. No. 98EX188). [S.l.], 1998. p. 6–13.*

CANGIANI, Luiz Marciano; LUTTI, Marcelo Negrão; CANGIANI, Luis Henrique. **Bloqueio Subaracnóideo. [S.l.]:** In: Luiz Marciano Cangiani, Eduardo Ren Nakashima, et al., editors. Atlas de técnicas de bloqueios regionais. 3ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Anestesiologia/SBA, 2013. 293–310 p.

CHHEANG, Vuthea; SAALFELD, Patrick; HUBER, Tobias; HUETTTL, Florentine; KNEIST, Werner; PREIM, Bernhard; HANSEN, Christian. Collaborative virtual reality for laparoscopic liver surgery training. *In: IEEE. 2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR). [S.l.], 2019. p. 1–17.*

CHOPRA, Vimal. 4 anaesthesia simulators. **Bailliere's Clinical anaesthesiology**, Elsevier, v. 10, n. 2, p. 297–315, 1996.

COLES, Colin. How students learn: the process of learning. **Medical education in the millennium**, Oxford University Press Oxford, UK, p. 63–82, 1998.

COOK, David A; TRIOLA, Marc M. Virtual patients: a critical literature review and proposed next steps. **Medical education**, Wiley Online Library, v. 43, n. 4, p. 303–311, 2009.

CORREA, Cleber Gimenez; MACHADO, Maria Aparecida de Andrade Moreira; RANZINI, Edith; TORI, Romero; NUNES, Fátima de Lourdes Santos. Virtual reality simulator for dental anesthesia training in the inferior alveolar nerve block. **Journal of Applied Oral Science**, SciELO Brasil, v. 25, p. 357–366, 2017.

CORRÊA, Éllen S; OLIVEIRA, Thiago Eustaquio Alves de; TRENHAGO, Paulo Roberto; OLIVEIRA, Jauvane Cavalcante de. Performance analysis of the xsight 3120 hmd in a pleural puncture medical simulation. *In: IEEE. 2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality. [S.l.]*, 2013. p. 107–116.

DAVE, R. Developing and writing educational objectives. **Psychomotor**. p33, v. 34, 1970.

DAVE, R. **Psychomotor Levels. Developing and Writing Behavioural Objectives. A. R.J. Tuscon, AZ. [S.l.]**: Educational Innovators Press, 1970.

DAVIDOR, Nitsan; BINYAMIN, Yair; KOSOVSKY, Tamar Hayuni; NISKY, Ilana. Design and assessment of a bimanual haptic epidural needle insertion simulator. **IEEE Transactions on Haptics**, v. 16, n. 4, p. 736–747, 2023.

DENSON, James S; ABRAHAMSON, Stephen. A computer-controlled patient simulator. **Jama**, American Medical Association, v. 208, n. 3, p. 504–508, 1969.

DUMAS, Cedric; COLES, Timothy; VISSER, Hans de; CAO, Caroline GL; GRIMPEN, Florian. Haptic feedback tuning in colonoscopy simulation. *In: IEEE. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). [S.l.]*, 2016. p. 004400–004404.

DURKIN, Jack; DURKIN, John. **Expert systems: design and development. [S.l.]**: Prentice Hall PTR, 1998.

FISH, M Pamela; FLANAGAN, Brendan. Incorporation of a realistic anesthesia simulator into an anesthesia clerkship. *In: Simulators in Anesthesiology Education. [S.l.]*: Springer, 1998. p. 115–119.

FISHBEIN, Morris. **The new illustrated medical and health encyclopedia. [S.l.]**: HS Stuttman, 1966.

FLETCHER, GCL; MCGEORGE, Paul; FLIN, Rhona H; GLAVIN, Ronnie J; MARAN, Nicki J. The role of non-technical skills in anaesthesia: a review of current literature. **British journal of anaesthesia**, Elsevier, v. 88, n. 3, p. 418–429, 2002.

FUNGE, John David. **Artificial intelligence for computer games: an introduction. [S.l.]**: AK Peters/CRC Press, 2004.

GABA, D. The human work environment and anesthesia simulators. **Anesthesia 5th ed**, Churchill Livingstone, p. 2613–2668, 1999.

GABA, David M; FISH, Kevin J; HOWARD, Steven K; BURDEN, Amanda. **Crisis management in anesthesiology E-Book**. [S.l.]: Elsevier Health Sciences, 2014.

GOKSEL, Orcun; SAPCHUK, Kirill; SALCUDEAN, Septimiu E. Haptic simulator for prostate brachytherapy with simulated needle and probe interaction. **IEEE transactions on haptics**, IEEE, v. 4, n. 3, p. 188–198, 2011.

GOMES, Davi C; MACHADO, Liliane S. A simulator for regional anesthesia training. *In: IEEE. 2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. [S.l.], 2017. p. 289–292.

GONTIJO, ED. Processo de certificação de competências no curso médico: avaliando o internato de pediatria. **Colegiado do Curso de Graduação em Medicina. Belo Horizonte**, 2003.

GRÉMIAUX, Alexandre; YOKAWA, Ken; MANCUSO, Stefano; BALUŠKA, František. Plant anesthesia supports similarities between animals and plants: Claude bernard's forgotten studies. **Plant signaling & behavior**, Taylor & Francis, v. 9, n. 1, p. e27886, 2014.

GROTTKE, Oliver; NTOUBA, A; ULLRICH, S; LIAO, Wei; FRIED, E; PRESCHER, A; DESERNO, TM; KUHLEN, T; ROSSAINT, R. Virtual reality-based simulator for training in regional anaesthesia. **British journal of anaesthesia**, Oxford University Press, v. 103, n. 4, p. 594–600, 2009.

GUPTA, Avinash; CECIL, Joe; PIRELA-CRUZ, Miguel; ILIDAN, Nino. Design of an immersive simulator for orthopedic surgical training. *In: IEEE. 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. [S.l.], 2018. p. 3813–3818.

GUPTA, Manan; BERTRAND, Jeffrey W; BABU, Sabarish V; POLGREEN, Philip; SEGRE, Alberto M. An evolving multi-agent scenario generation framework for simulations in preventive medicine education. *In: Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 237–246.

HUANG, Victoria W; JONES, Cara B; GOMEZ, Ernest D. State of the art of virtual reality simulation in anesthesia. **International Anesthesiology Clinics**, LWW, v. 58, n. 4, p. 31–35, 2020.

IGNIZIO, James P. **Introduction To Expert Systems–The Development And Implementation Of Rule Based Expert System**. [S.l.]: McGraw-Hill, Inc, 1991.

IZARD, Santiago González; MÉNDEZ, Juan Antonio Juanes; ESTELLA, Jesús M<sup>a</sup> Gonçalves; LEDESMA, M<sup>a</sup> José Sánchez; GARCÍA-PEÑALVO, Francisco J; RUISOTO, Pablo. Virtual

simulation for scoliosis surgery. *In: Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–8.

JAYAKUMAR, Akshay; MATHEW, Beenamol; UMA, N; NEDUNGADI, Prema. Interactive gesture based cataract surgery simulation. *In: IEEE. 2015 Fifth International Conference on Advances in Computing and Communications (ICACC)*. [S.l.], 2015. p. 350–353.

JEON, Seokhee; CHOI, Seungmoon; HARDERS, Matthias. Rendering virtual tumors in real tissue mock-ups using haptic augmented reality. *IEEE Transactions on Haptics*, IEEE, v. 5, n. 1, p. 77–84, 2011.

JR, Almiro dos Reis. Eulogy to august karl gustav bier on the 100th anniversary of intravenous regional block and the 110th anniversary of the spinal block. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, SciELO Brasil, v. 58, p. 409–424, 2008.

JUANES, Juan A; ALONSO, Pablo; HERNÁNDEZ, Felipe; RUISOTO, Pablo; SANTOS, José A; MURIEL, Clemente. Digital viewer for learning regional anaesthesia. *In: Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 21–24.

KANDEE, Moragot; BOONBRAHM, Poonpong; BOONBRAHM, Salin. Realistic pulse simulation measurement using haptic device with augmented reality. *In: IEEE. IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. [S.l.], 2016. p. 773–778.

KAPP, Karl M; BLAIR, Lucas; MESCH, Rich. **The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2014.

KATOUE, Maram Gamal; SCHWINGHAMMER, Terry L. Competency-based education in pharmacy: A review of its development, applications, and challenges. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, v. 26, n. 4, p. 1114–1123, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jep.13362>.

KLEVEN, Nils Fredrik; PRASOLOVA-FØRLAND, Ekaterina; FOMINYKH, Mikhail; HANSEN, Arne; RASMUSSEN, Guri; SAGBERG, Lisa Millgård; LINDSETH, Frank. Training nurses and educating the public using a virtual operating room with oculus rift. *In: IEEE. 2014 International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM)*. [S.l.], 2014. p. 206–213.

KORZENIOWSKI, Przemyslaw; WHITE, Ruth J; BELLO, Fernando. Vcsim3: a vr simulator for cardiovascular interventions. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, Springer, v. 13, n. 1, p. 135–149, 2018.

LEUNG, Ka-Ho; HUNG, Kevin; KO, Chun-Ping; LO, Shek-Fai. Design and development of an augmented reality mobile application for medical training. *In: IEEE. 2019 IEEE 6th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS). [S.l.]*, 2019. p. 1–4.

LIM, Michael W; BURT, G; RUTTER, SV. Use of three-dimensional animation for regional anaesthesia teaching: application to interscalene brachial plexus blockade. **British journal of anaesthesia**, Oxford University Press, v. 94, n. 3, p. 372–377, 2005.

LOWRY, S. Eassessment of student. brist. *In: Med Journa. [S.l.: s.n.]*, 1993. v. 306, p. 51–54.

MACEDO, Eline Raquel de *et al.* Um simulador baseado em realidade virtual para o treinamento de estudantes na administração de medicamentos injetáveis. Universidade Federal da Paraíba, 2015.

MACHADO, Liliane dos Santos; MORAES, Ronei Marcos de; NUNES, Fatima de Lourdes dos Santos; COSTA, Rosa Maria Esteves Moreira da. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. **Revista brasileira de educação médica**, SciELO Brasil, v. 35, n. 2, p. 254–262, 2011.

MACHADO, Liliane S; COSTA, Thaise Kelly de Lima; MORAES, Ronei Marcos De. Multidisciplinaridade e o desenvolvimento de serious games e simuladores para educação em saúde. **Revista Observatório**, v. 4, n. 4, p. 149–172, 2018.

MACHADO, Liliane S; MORAES, Ronei M. Assessment systems for training based on virtual reality: A comparison study. **Journal on Interactive Systems**, v. 3, n. 1, 2012.

MACHADO, Liliane S; MORAES, Ronei M; VALENÇA, Ana Maria G; MACEDO, Eline R; PAIVA, Paulo VF; MOURA, Ives FMS. Pesquisa e desenvolvimento de simuladores de realidade virtual para saúde com avaliação automática do desempenho do usuário. 2019.

MAIER, Johannes; PERRET, Jerome; HUBER, Michaela; SIMON, Martina; SCHMITT-RÜTH, Stephanie; WITTENBERG, Thomas; PALM, Christoph. Force-feedback assisted and virtual fixtures based k-wire drilling simulation. **Computers in Biology and Medicine**, Elsevier, v. 114, p. 103473, 2019.

MANI, Ganapathy; LI, Wei. 3d web based surgical training through comparative analysis. *In: Proceedings of the 18th International Conference on 3D Web Technology. [S.l.: s.n.]*, 2013. p. 83–86.

MELO, RHC; CONCI, Aura; POPOVICI, Dorina; JR, C Galhardo. A proposal of general model for estimation of skin to epidural space distance on the parturient population. **Ann Anesth Pain Med**, v. 3, p. 1006, 2019.

MENDES, Helena Catarina Margarido; COSTA, Cátia Isabel Andrade Botelho; SILVA, Nuno André da; LEITE, Francisca Pais; ESTEVES, Augusto; LOPES, Daniel Simões. Piñata: pinpoint insertion of intravenous needles via augmented reality training assistance. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, Elsevier, v. 82, p. 101731, 2020.

METAXIOTIS, Kostas S; ASKOUNIS, Dimitris; PSARRAS, John. Expert systems in production planning and scheduling: A state-of-the-art survey. **Journal of Intelligent Manufacturing**, Springer, v. 13, p. 253–260, 2002.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems**, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, v. 77, n. 12, p. 1321–1329, 1994.

MITCHELL, Nathan; CUTTING, Court; SIFAKIS, Eftychios. Gridiron: an interactive authoring and cognitive training foundation for reconstructive plastic surgery procedures. **ACM Transactions on Graphics (TOG)**, ACM New York, NY, USA, v. 34, n. 4, p. 1–12, 2015.

MORAES, Ronei Marcos de; MACHADO, Liliane dos Santos. Online training evaluation in vr simulators using gaussian mixture models. *In: Medicine Meets Virtual Reality 11. [S.l.]: IOS Press, 2003. p. 42–44.*

MOSTAFA, Ahmed E; RYU, Won Hyung A; TAKASHIMA, Kazuki; CHAN, Sonny; SOUSA, Mario Costa; SHARLIN, Ehud. Reflectivespinevr: an immersive spine surgery simulation with interaction history capabilities. *In: Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction. [S.l.: s.n.], 2017. p. 20–29.*

MOURA, Ives Fernando Martins Santos de; MACHADO, Liliane dos Santos; VALENÇA, Ana Maria Gondim. Incisions in virtual reality simulators: assessing user performance. **Research on Biomedical Engineering**, Springer, v. 35, n. 2, p. 103–110, 2019.

MUKHERJEE, Biswarup; VENKATAKRISHNAN, Jaichandran V; GEORGE, Bobby; SIVAPRAKASAM, Mohanasankar. Evaluation of an ophthalmic anesthesia simulation system for regional block training. **Ophthalmology**, Elsevier, v. 122, n. 12, p. 2578–2580, 2015.

MURIEL-FERNÁNDEZ, Jorge; ALONSO, Carmen Patino; LÓPEZ-VALVERDE, Nansi; LÓPEZ-MILLÁN, José Manuel; MÉNDEZ, Juan A Juárez; SÁNCHEZ-LEDESMA, María José. Results of the use of a simulator for training in anesthesia and regional analgesia guided by ultrasound. **Journal of Medical Systems**, Springer, v. 43, n. 4, p. 1–6, 2019.

NEVALAINEN, Maarit K; MANTYRANTA, Taina; PITKALA, Kaisu H. Facing uncertainty as a medical student—a qualitative study of their reflective learning diaries and writings on specific themes during the first clinical year. **Patient education and counseling**, Elsevier, v. 78, n. 2, p. 218–223, 2010.

NUNES, FLSM; COSTA, RM; MACHADO, Liliane S; MORAES, Ronei M. Desenvolvendo aplicações de rva para saúde: imersão, realismo e motivação. **MW de S. Ribeiro, ER Zorzal, EDS**, p. 82–95, 2011.

PAIVA, Paulo VF; MACHADO, Liliane S; VALENÇA, Ana Maria G; BATISTA, Thiago V; MORAES, Ronei M. Simcec: a collaborative vr-based simulator for surgical teamwork education. **Computers in Entertainment (CIE)**, ACM New York, NY, USA, v. 16, n. 2, p. 1–26, 2018.

PAN, Junjun; ZHANG, Leiyu; YU, Peng; SHEN, Yang; WANG, Haipeng; HAO, Haimin; QIN, Hong. Real-time vr simulation of laparoscopic cholecystectomy based on parallel position-based dynamics in gpu. *In: IEEE. 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. [S.l.], 2020. p. 548–556.

PAOLIS, Lucio Tommaso De. Serious game for laparoscopic suturing training. *In: 2012 Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 481–485.

PERRENOUD, Philippe. Construir competências é virar as costas aos saberes. **Revista Pátio, Porto Alegre: ARTMED**, ano, v. 3, p. 15–19, 1999.

PETRINEC, Kresimir; SAVITSKY, Eric; TERZOPOULOS, Demetri. Patient-specific interactive simulation of compression ultrasonography. *In: IEEE. 2014 IEEE 27th international symposium on computer-based medical systems*. [S.l.], 2014. p. 113–118.

PIAGET, J. The psychology of intelligence (m. piercy & de berlyne, trans.). totowa. **NJ: Littlefield Adams**, 1950.

PIRES, Leonardo Augusto; SERPA, Yvens Rebouças; RODRIGUES, Maria Andréia Formico. Simimplanto - a virtual dental implant training simulator. *In: 2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 193–197.

RIBEIRO, Matheus AO; CORRÊA, Cléber G; NUNES, Fátima LS. Visual and haptic trajectories applied to dental anesthesia training: Conceptualization, implementation and preliminary evaluation. *In: IEEE. 2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. [S.l.], 2018. p. 210–219.

RIBEIRO, Mateus de Lara; NUNES, Fátima LS. Breast palpation simulation with haptic feedback: prototype and initial results. *In: IEEE. 2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*. [S.l.], 2014. p. 268–276.

RIBEIRO, Tamirys Virgulino; OLIVEIRA, Jauvane C de. Simobturation: Virtual reality application for simulation of dental obturation procedure training with phantom omni device

integration. *In: IEEE. 2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). [S.l.], 2019. p. 165–169.*

ROSS, Margaret; CARROLL, Gisèle; KNIGHT, Janet; CHAMBERLAIN, Marie; FOTHERGILL-BOURBONNAIS, Francis; LINTON, Jeanette. Using the osce to measure clinical skills performance in nursing. **Journal of Advanced Nursing**, Wiley Online Library, v. 13, n. 1, p. 45–56, 1988.

RUGE-VERA, Engie; URIBE-QUEVEDO, Alvaro; JAIMES, Norman; PEREZ-GUTIERREZ, Byron. Convulsive treatment game-based training app. *In: IEEE. 2015 IEEE Games Entertainment Media Conference (GEM). [S.l.], 2015. p. 1–4.*

RUSSELL, Stuart J; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach. [S.l.]:** Pearson, 2016.

SABRI, Hamed; COWAN, Brent; KAPRALOS, Bill; MOUSSA, Fuad; CRISTANCHOI, Sayra; DUBROWSKI, Adam. Off-pump coronary artery bypass surgery procedure training meets serious games. *In: IEEE. 2010 IEEE International Symposium on Haptic Audio Visual Environments and Games. [S.l.], 2010. p. 1–5.*

SAGGIO, Giovanni; FERRARI, Manfredo. New trends in virtual reality visualization of 3d scenarios. **Virtual Reality-Human Computer Interaction**, IntechOpen, 2012.

SALAS, Eduardo; WILSON, Katherine A; BURKE, C Shawn; PRIEST, Heather A. Using simulation-based training to improve patient safety: what does it take? **The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety**, Elsevier, v. 31, n. 7, p. 363–371, 2005.

SANKARAN, Naveen Kumar; NISAR, Harris J; ZHANG, Ji; FORMELLA, Kyle; AMOS, Jennifer; BARKER, Lisa T; VOZENILEK, John A; LAVALLE, Steven M; KESAVADAS, Thenkurussi. *In: IEEE. 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). [S.l.], 2019. p. 664–670.*

SAURO, Jeff; LEWIS, James R. **Quantifying the user experience: Practical statistics for user research. [S.l.]:** Morgan Kaufmann, 2016.

SCALLON, Gérard. **Avaliação da aprendizagem numa abordagem por competências. [S.l.]:** PUCPress, 2017.

SEE, Zi Siang; BILLINGHURST, Mark; RENGGANATEN, Vimalan; SOO, Shelly. Medical learning murmurs simulation with mobile audible augmented reality. *In: SIGGRAPH ASIA 2016 mobile graphics and interactive applications. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–4.*

SHEWAGA, Robert; URIBE-QUEVEDO, Alvaro; KAPRALOS, Bill; LEE, Kenneth; ALAM, Fahad. A serious game for anesthesia-based crisis resource management training. **Computers in Entertainment (CIE)**, ACM New York, NY, USA, v. 16, n. 2, p. 1–16, 2018.

SILVA, Luis Fernando MS; VALERIO, Julian; VIANA, Windson; SANTOS, Alysso Diniz dos; TRINTA, Fernando; FILHO, Antônio Aldo Melo; MELO, Antonio. Avaliação do uso de realidade aumentada e gamificação para o treinamento de habilidades em laparoscopia. *In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 26, n. 1, p. 627.

SILVA, Lêda Lima da; PANTOJA, Geovanna Mourão; CUNHA, Alyne Condurú dos Santos; TEMBRA, Alan Luz; PANTOJA, Mauro de Souza; BARROS, Charles Alberto Villacorta de. Modelos de treinamento em anestesia: uma revisão sistemática. **Pará Research Medical Journal**, Fundação Santa Casa de Misericórdia do Pará, v. 1, n. 4, p. 0–0, 2018.

SOARES, Elaine Anita de Melo Gomes *et al.* Fusion of online assessment methods for gynecological examination training. Universidade Federal da Paraíba, 2019.

SOUZA-JUNIOR, Valtuir Duarte De; MENDES, Isabel Amélia Costa; TORI, Romero; MARQUES, Leonardo Prates; MASHUDA, Felipe Kenzo Kusakawa; HIRANO, Leonardo Akira Fattore; GODOY, Simone De. Vida-enfermagem v1. 0: realidade virtual imersiva na coleta de sangue a vácuo em adulto. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, v. 28, p. e3263, 2020.

SPARKS, S; EVANS, D; BYARS, D. **A low cost, high fidelity nerve block model. Crit Ultrasound J. 2014 Ago; 6 (1): 1-3.** 2014.

SUTHERLAND, Colin; HASHTRUDI-ZAAD, Keyvan; SELLENS, Rick; ABOLMAESUMI, Purang; MOUSAVI, Parvin. An augmented reality haptic training simulator for spinal needle procedures. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, IEEE, v. 60, n. 11, p. 3009–3018, 2012.

TOKUYASU, Tatsushi; NAKAYAMA, Takaaki; TOSHIMITSU, Kazuhiko; OKAMURA, Kazutoshi; YOSHIURA, Kazunori. Development of virtual palpation system for dental education. *In: IEEE. 2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*. [S.l.], 2015. p. 44–48.

TOLEDO, Leticia Fonseca; OLIVEIRA, Jauvane; HAACK, Rodolfo V. Haptic surgery simulation for cataract. *In: IEEE. 2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. [S.l.], 2017. p. 57–64.

TORI, Romero; WANG, Gustavo Ziyu; SALLABERRY, Lucas Henna; TORI, Allan Amaral; OLIVEIRA, Elen Collaço de; MACHADO, Maria Aparecida de AM. Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 26, n. 02, p. 80, 2018.

TORI, Romero; WANG, Gustavo Ziyu; SALLABERRY, Lucas Henna; TORI, Allan Amaral; OLIVEIRA, Elen Collaço de; MACHADO, Maria Aparecida de AM. Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 26, n. 02, p. 80, 2018.

TRONCON, Luiz Ernesto de Almeida. Avaliação do estudante de medicina. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 29, n. 4, p. 429–439, 1996.

ULLRICH, Sebastian; GROTTKE, Oliver; FRIED, Eduard; FROMMEN, Thorsten; LIAO, Wei; ROSSAINT, Rolf; KUHLEN, Torsten; DESERNO, Thomas M. An intersubject variable regional anesthesia simulator with a virtual patient architecture. **International journal of computer assisted radiology and surgery**, Springer, v. 4, n. 6, p. 561–570, 2008.

Unity Technologies. **Unity 3D - Real-time Development Platform**. 2024. Acessado em: 11 fev. 2025. Disponível em: <https://unity.com/>.

VANKIPURAM, Akshay; KHANAL, Prabal; ASHBY, Aaron; VANKIPURAM, Mithra; GUPTA, Ashish; DRUMMGURNEE, Denise; JOSEY, Karen; SMITH, Marshall. Design and development of a virtual reality simulator for advanced cardiac life support training. **IEEE journal of biomedical and health informatics**, IEEE, v. 18, n. 4, p. 1478–1484, 2013.

WANG, Dangxiao; ZHAO, Siming; LI, Teng; ZHANG, Yuru; WANG, Xiaoyan. Preliminary evaluation of a virtual reality dental simulation system on drilling operation. **Bio-medical materials and engineering**, IOS Press, v. 26, n. s1, p. S747–S756, 2015.

WEI, Lei; NAJDOVSKI, Zoran; ABDELRAHMAN, Wael; NAHAVANDI, Saeid; WEISINGER, Harrison. Augmented optometry training simulator with multi-point haptics. *In: IEEE. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. [S.l.], 2012. p. 2991–2997.

WIJDENES, Pierre; BORKENHAGEN, David; BABIONE, Julie; MA, Irene; HALLIHAN, Greg. Leveraging augmented reality training tool for medical education: A case study in central venous catheterization. *In: Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–7.

WIJEWICKREMA, Sudanthi; IOANNOU, Ioanna; ZHOU, Yun; PIROMCHAI, Patorn; BAILEY, James; KENNEDY, Gregor; O’LEARY, Stephen. Region-specific automated feedback in temporal bone surgery simulation. *In: IEEE. 2015 IEEE 28th International Symposium on Computer-Based Medical Systems*. [S.l.], 2015. p. 310–315.

XIA, Pingjun; SOURIN, Alexei. Design and implementation of a haptics-based virtual venepuncture simulation and training system. *In: Proceedings of the 11th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 25–30.

XIE, Biao; LIU, Huimin; ALGHOFAILI, Rawan; ZHANG, Yongqi; JIANG, Yeling; LOBO, Flavio Destri; LI, Changyang; LI, Wanwan; HUANG, Haikun; AKDERE, Mesut *et al.* A review on virtual reality skill training applications. **Frontiers in Virtual Reality**, Frontiers, v. 2, p. 49, 2021.

YU, Ge; WANG, Dangxiao; ZHANG, Yuru. Visio-haptic simulation for detection of dental cavity profile. *In: 2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1315–1320.

YU, Peng; PAN, Junjun; QIN, Hong; HAO, Aimin; WANG, Haipeng. Real-time suturing simulation for virtual reality medical training. **Computer Animation and Virtual Worlds**, Wiley Online Library, v. 31, n. 4-5, p. e1940, 2020.

ZADOW, Ulrich Von; BURON, Sandra; HARMS, Tina; BEHRINGER, Florian; SOSTMANN, Kai; DACHSELT, Raimund. Simmed: combining simulation and interactive tabletops for medical education. *In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1469–1478.

ZHANG, Jinglu; LYU, Yao; WANG, Yukun; NIE, Yinyu; YANG, Xiaosong; ZHANG, Jianjun; CHANG, Jian. Development of laparoscopic cholecystectomy simulator based on unity game engine. *In: Proceedings of the 15th ACM SIGGRAPH European Conference on Visual Media Production*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–9.

ZHENG, Fei; WONG, Yoke San; LU, WenFeng. Voxel-based haptic training simulator for screw insertion in knee osteotomy. *In: The 5th International Conference on Automation, Robotics and Applications*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 179–183.

**APÊNDICE A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM  
PESQUISA**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Avaliação de Usabilidade em Simulador de Realidade Virtual para Treinamento Anestesia Raquidiana

**Pesquisador:** JOSE RAUL DE BRITO ANDRADE

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 78604924.9.0000.5188

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 6.869.770

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um projeto de pesquisa do aluno José Raul de Brito Andrade do programa de pós graduação em Modelos de Decisão em Saúde do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, sob a orientação dos professores Liliane dos Santos Machado e Leonardo Wanderley Lopes.

O estudo trata-se de uma pesquisa exploratória, com abordagem quantitativa. Realizar Teste de Usabilidade de Simulação RV para o Treinamento em Anestesia Raquidiana. Nesta atividade, será conduzido um teste de usabilidade de uma simulação RV voltada para o treinamento em anestesia raquidiana. O objetivo é avaliar a eficácia prática da simulação e coletar dados pertinentes para análise. Essa avaliação abrange aspectos como a facilidade de utilização e a experiência geral do usuário. Os dados coletados fornecerão informações valiosas para otimizar a simulação, garantindo uma experiência de treinamento eficiente e

**Endereço:** Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar

**Bairro:** Cidade Universitária

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7791

**Fax:** (83)3216-7791

**E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

Continuação do Parecer: 6.869.770

impactante. Selecionar-se-á um grupo de participantes composto por médicos e estudantes de especialização ou residência em Anestesiologia.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Geral: Avaliar com potenciais usuários a usabilidade de uma simulação RV destinada ao treinamento em anestesia raquidiana.

Objetivos Específicos:

1. Avaliar a capacidade da simulação em reproduzir as tarefas envolvidas no treinamento em anestesia raquidiana; 2. Avaliar a satisfação dos participantes em relação à experiência proporcionada pela simulação, considerando aspectos como acurácia, utilidade percebida e facilidade de utilização; 3. Elaborar relatório com os resultados deste estudo.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: Os participantes da pesquisa podem se sentir intimidados ou desconfortáveis em realizar alguma etapa desta pesquisa. Neste caso, eles podem desistir de participar a qualquer momento sem nenhum ônus e receberão apoio necessário à questão apresentada.

Benefícios: Esta pesquisa tem como benefício contribuir para a avaliação da usabilidade de uma ferramenta virtual que poderá auxiliar residentes em Anestesiologia no treinamento de bloqueios, assim como na avaliação da aquisição de habilidades clínicas

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A proposta está adequadamente elaborada e permite tecer julgamentos concernentes aos aspectos éticos/metodológicos envolvidos, conforme diretrizes contidas na Resolução 466/2012, do CNS, MS.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos foram apresentados possibilitando adequada avaliação no que se refere aos aspectos éticos e metodológicos.

**Recomendações:**

(O)A pesquisador(a) responsável e demais colaboradores, MANTENHAM A METODOLOGIA PROPOSTA E APROVADA PELO CEP-CCS.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Considerando que o(a) pesquisador(a) atendeu adequadamente às recomendações feitas por

**Endereço:** Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar

**Bairro:** Cidade Universitária

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7791

**Fax:** (83)3216-7791

**E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 6.869.770

este Colegiado em parecer anterior a este, e que o estudo apresenta viabilidade ética e metodológica, estando em consonância com as diretrizes contidas na Resolução 466/2012, do CNS/MS, somos favoráveis ao desenvolvimento da investigação.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba e CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2301937.pdf	27/05/2024 15:33:20		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLECEPCCSUFPB.pdf	27/05/2024 15:32:54	JOSE RAUL DE BRITO ANDRADE	Aceito
Outros	CARTARESPOSTA2.pdf	27/05/2024 15:27:52	JOSE RAUL DE BRITO ANDRADE	Aceito
Outros	declaracaoColegiado.pdf	30/04/2024 15:48:28	JOSE RAUL DE BRITO ANDRADE	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	30/04/2024 15:16:24	JOSE RAUL DE BRITO ANDRADE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetoCompletoAtualizado.pdf	30/04/2024 15:11:10	JOSE RAUL DE BRITO ANDRADE	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar

**Bairro:** Cidade Universitária

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7791

**Fax:** (83)3216-7791

**E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 6.869.770

JOAO PESSOA, 05 de Junho de 2024

---

**Assinado por:**  
**Eliane Marques Duarte de Sousa**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900  
**UF:** PB **Município:** JOAO PESSOA  
**Telefone:** (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SOBRE A CALIBRADOR DE PROPRIEDADES  
TÁTEIS DE MATERIAIS 3D**

# Questionário sobre a Calibrador de Propriedades Táteis de Materiais 3D

Prezado (a),

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “USO DE TECNOLOGIAS NA AQUISIÇÃO DE HABILIDADES CLÍNICAS EM ANESTESIA” desenvolvida sob a responsabilidade do pesquisador José Raul de Brito Andrade do Curso de doutorado em Modelos de Decisão e Saúde, do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação dos professores Dra. Liliane dos Santos Machado e Dr. Leonardo Wanderley Lopes.

O objetivo principal deste estudo é coletar informações acerca das propriedades táteis de materiais 3D.

A sua participação é muito importante e ocorrerá por meio do preenchimento deste questionário. O tempo de preenchimento será de aproximadamente 10 minutos. Sua privacidade será respeitada de modo que suas informações serão sigilosas e nenhuma delas poderá identificá-lo (a).

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, você poderá se recusar a participar do estudo a qualquer momento e se retirar dele sem que lhe cause nenhum prejuízo. Caso tenha alguma dúvida com relação a esse termo ou queira saber mais sobre a pesquisa, basta contatar o pesquisador responsável José Raul de Brito Andrade através do e-mail [joseraulbandrade@gmail.com](mailto:joseraulbandrade@gmail.com).

TERMO DE CONSENTIMENTO: Declaro que estou ciente do uso dos meus dados para uso na pesquisa acima descrita.

---

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. Para você responder este questionário clique em "Concordo em participar da pesquisa". \*

*Marcar apenas uma oval.*

Concordo em participar da pesquisa.



Sobre o HaptiCAL:

Nesta seção você irá responder questões acerca de sua experiência ao utilizar o sistema HaptiCAL.

Se você não tem certeza sobre que resposta dar em uma questão, por favor, escolha entre as alternativas a que lhe parece mais apropriada.

5. 1. Eu acho que gostaria de usar este sistema com frequência. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

6. 2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

7. 3. Eu achei o sistema fácil de usar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

8. 4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar este sistema. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

9. 5. Eu acho que as várias funções do sistema estão bem integradas. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

10. 6. Eu acho que o sistema apresenta inconsistência. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

11. 7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

12. 8. Eu achei o sistema muito complicado de usar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

13. 9. Eu me senti confiante ao usar o sistema. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

14. 10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

15. 11. Sinta-se à vontade para sugerir ideias, observações ou críticas para melhorar o HapitCAL (resposta facultativa).

---

---

---

---

---

# Google Formulários



**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO  
SIMULADOR PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA RAQUIDIANA**

# Questionário de Avaliação da Usabilidade do Simulador para Treinamento em Anestesia Raquidiana

Prezado (a),

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “SIMULAÇÃO BASEADA EM REALIDADE VIRTUAL PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA REGIONAL” desenvolvida sob a responsabilidade do pesquisador José Raul de Brito Andrade do Curso de doutorado em Modelos de Decisão e Saúde, do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação dos professores Dra. Liliane dos Santos Machado e Dr. Leonardo Wanderley Lopes.

O objetivo principal deste estudo é coletar informações acerca da usabilidade do simulador para treinamento em anestesia raquidiana.

A sua participação é muito importante e ocorrerá por meio do preenchimento deste questionário. O tempo de preenchimento será de aproximadamente 15 minutos. Sua privacidade será respeitada de modo que suas informações serão sigilosas e nenhuma delas poderá identificá-lo (a).

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, você poderá se recusar a participar do estudo a qualquer momento e se retirar dele sem que lhe cause nenhum prejuízo. Caso tenha alguma dúvida com relação a esse termo ou queira saber mais sobre a pesquisa, basta contatar o pesquisador responsável José Raul de Brito Andrade através do e-mail [joseraulbandrade@gmail.com](mailto:joseraulbandrade@gmail.com).

TERMO DE CONSENTIMENTO: Declaro que estou ciente do uso dos meus dados para uso na pesquisa acima descrita.

---

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. Para você responder este questionário clique em "Concordo em participar da pesquisa". \*

*Marcar apenas uma oval.*

Concordo em participar da pesquisa.

2. Você possui CRM? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

*Pular para a seção 4 (Agradecemos pelo interesse em colaborar no estudo! No entanto, é importante ter concluído o curso de medicina para participar. Agradecemos a compreensão e esperamos contar com sua participação em futuras oportunidades.)*

### 1. Informações gerais

Nesta seção você irá responder questões sobre sua formação profissional e familiaridade com a tecnologia.

Se você não tem certeza sobre que resposta dar em uma questão, por favor, escolha entre as alternativas a que lhe parece mais apropriada.

3. 1.1. Em que ano você concluiu (ou tem previsão de concluir) a Residência Médica\Especialização em Anestesiologia? \*

---

4. 1.2. Em qual instituição você concluiu (ou vai concluir) a Residência Médica\Especialização em Anestesiologia? \*

---

5. 1.3. De que modo ocorreu\ocorre o seu treinamento prático para a realização de anestesia raquidiana? (Se necessário, marque mais de uma alternativa) \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Por meio de simulações com animais e/ou cadáveres.
- Por meio de simulações com manequins ou modelos físicos de representação do corpo humano.
- Por meio de simulações computacionais.
- O treinamento ocorreu direto em um paciente real, sob supervisão de um anestesista experiente.
- Outro: \_\_\_\_\_

6. 1.4. Com que frequência ocorreu/ocorre esse seu treinamento prático: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Com muita frequência.
- Eventualmente.
- Dificilmente, devido a indisponibilidade de equipamentos.
- Dificilmente, devido a indisponibilidade de tempo dos professores.

7. 1.5. Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), como você define o treinamento que recebeu para a realização de anestesia raquidiana? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1   2   3   4   5

Com      Completamente prático

8. 1.6. Se já conduziu uma anestesia raquidiana, em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), o quanto confiante você se sentiu na primeira vez?

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Muit      Muito confiante

9. 1.7. Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), como você define sua familiaridade com o uso de dispositivos tecnológicos? (celular, tablet, computador e videogame) \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Nenl      Muita familiaridade

10. 1.8. Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), como você define a frequência com que faz uso de ferramentas digitais para aprender? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Nun      Uso sempre

11. 1.9. Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), o quanto importante você considera o uso de ferramentas digitais para adquirir ou melhorar suas habilidades clínicas? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Não      Considero muito importante

## 2. Usabilidade do simulador

Nesta seção você irá responder questões acerca de sua experiência ao utilizar o AnesteSIM.

Se você não tem certeza sobre que resposta dar em uma questão, por favor, escolha entre as alternativas a que lhe parece mais apropriada.

12. 2.1. Eu acho que gostaria de usar este simulador com frequência. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

13. 2.2. Eu acho o simulador desnecessariamente complexo. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

14. 2.3. Eu achei o simulador fácil de usar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

15. 2.4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar este simulador. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

16. 2.5. Eu acho que as várias funções do simulador estão bem integradas. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

17. 2.6. Eu acho que o simulador apresenta inconsistência. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

18. 2.7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse simulador rapidamente. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

19. 2.8. Eu achei o simulador muito complicado de usar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

20. 2.9. Eu me senti confiante ao usar o simulador. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

21. 2.10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar o simulador. \*

*Marcar apenas uma oval.*

1 2 3 4 5

Disc      Concordo totalmente

22. 2.11. Sinta-se à vontade para elogiar, sugerir ideias, observações ou críticas sobre o AnesteSIM (resposta facultativa).

---

---

---

---

---

23. 2.12. Gostaria de participar de outras pesquisas como esta? Se sim, deixe o seu e-mail (resposta facultativa).

---

---

---

---

---

Agradecemos pelo interesse em colaborar no estudo! No entanto, é importante ter concluído o curso de medicina para participar. Agradecemos a compreensão e esperamos contar com sua participação em futuras oportunidades.

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

