



UNIVERSIDADE DE
vassouras

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Mestrado Profissional em Ciências Aplicadas em Saúde

«RELATÓRIO TÉCNICO/CIENTÍFICO»

VALIDAÇÃO DISPOSITIVO SIMULADOR DE TRAQUEOSTOMIA

Vassouras - RJ
«2026»

«LUCAS MAGALHÃES DE OLIVEIRA»

**VALIDAÇÃO DISPOSITIVO SIMULADOR DE
TRAQUEOSTOMIA**

Dissertação de Mestrado apresentado a Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação e Pesquisa / Coordenação do Mestrado em Ciências Aplicadas em Saúde da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas em Saúde.

Orientador(es):

Prof. Dr. Rossano Kepler Alvim Fiorelli, Universidade de Vassouras
(Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, Brasil)

Vassouras
«2026»

«LUCAS MAGALHÃES DE OLIVEIRA»

VALIDAÇÃO DISPOSITIVO SIMULADOR DE TRAQUEOSTOMIA

Tese de Mestrado apresentado a Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação e Pesquisa / Coordenação do Mestrado em Ciências Aplicadas em Saúde da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas em Saúde.

Banca:

Prof. Dr. Marco Aurélio dos Santos Silva

Doutor pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, Brasil

Filipe Moreira de Andrade

Doutor pela Universidade Federal Fluminense – Niterói, Brasil

Orientador:

Prof. Dr. Rossano Kepler Alvim Fiorelli, Universidade de Vassouras

Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, Brasil

Vassouras

Oliveira, Lucas Magalhães de
Validação Dispositivo Simulador de Traqueostomia / Lucas Magalhães de
Oliveira. - Vassouras: 2026.
lv, 55 f. : il. ; 29,7 cm.

Orientador: Rossano Kepler Alvim Fiorelli.
Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Mestrado Profissional
em Ciências Aplicadas em Saúde - Universidade de Vassouras, 2026.
Inclui Ilustrações, Bibliografias e Material Anexo.

1. Traqueostomia. 2. treinamento por simulação. 3. educação médica. I.
Fiorelli, Rossano Kepler Alvim. II. Universidade de Vassouras. III. Título.

«2026»
DEDICATÓRIA

À minha família, que sempre foi meu porto seguro.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, pela educação, pelos valores e por nunca medirem esforços para que eu chegasse até aqui. Tudo o que conquistei tem muito de cada um de vocês.

Aos meus familiares, que, de diferentes maneiras, estiveram presentes ao longo dessa caminhada nas palavras de incentivo, na preocupação silenciosa, nas orações, no apoio nos momentos de cansaço e nas comemorações a cada pequena vitória.

Esta dissertação é fruto também dos sacrifícios, da paciência e do amor da minha família. Por tudo isso, dedico este trabalho a vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rossano Kepler Alvim Fiorelli, agradeço pela disponibilidade em participar deste momento, pela leitura atenta e pelas contribuições qualificadas que engrandecem este estudo. Sua trajetória acadêmica e profissional na medicina e na formação de médicos é uma referência, e ter sua análise sobre este trabalho é uma honra.

Ao Prof. Dr. Filipe Moreira de Andrade, membro da banca avaliadora, diretor do curso de Medicina do UNIFAGOC e professor do Programa de Mestrado da Universidade de Vassouras, registro minha gratidão mais profunda. Ainda na graduação, como meu professor e coordenador, o professor Filipe acreditou em meu potencial, incentivou a continuidade da formação acadêmica e foi um dos principais motivadores para que eu ingressasse no mestrado. Durante todo o desenvolvimento desta dissertação, sua orientação foi firme, presente e generosa, combinando rigor científico, clareza didática e humanidade. Este trabalho é também fruto da confiança, das oportunidades e dos ensinamentos que recebi sob sua supervisão.

Ao(à) professor(a) avaliador(a) interno(a), agradeço por aceitar o convite para compor a banca, dedicar tempo à leitura desta dissertação e contribuir com críticas e sugestões que ampliam a qualidade científica do trabalho e enriquecem minha formação como pesquisador e profissional.

Ao Dr. Álvaro Moreira Rivelli, professor do curso de Medicina do UNIFAGOC, coordenador, amigo e um dos principais incentivadores para que eu buscasse o mestrado em Vassouras, minha sincera gratidão. Seu apoio nas conversas do dia a dia, o exemplo profissional e o incentivo constante foram fundamentais para que este projeto saísse do campo das ideias e se concretizasse. Saber que alguém com sua experiência acadêmica e clínica acreditava na minha capacidade foi determinante para que eu seguisse em frente nos momentos mais difíceis.

À Universidade de Vassouras e ao UNIFAGOC, agradeço pela oportunidade de formação, pela estrutura disponibilizada e pelo ambiente de ensino e pesquisa que permitiu o desenvolvimento desta investigação. Em especial, agradeço ao laboratório de habilidades e a todos os docentes e colaboradores envolvidos nas atividades de simulação, que viabilizaram a execução prática do estudo.

Aos estudantes de Medicina que aceitaram participar da pesquisa, meu muito obrigado. O tempo dedicado às aulas, às simulações e aos questionários representa um gesto de confiança e de compromisso com a melhoria da formação em saúde. Cada participação individual contribuiu diretamente para os resultados aqui apresentados.

RESUMO

Contexto: A traqueostomia é um procedimento crítico no manejo das vias aéreas, e a simulação realística tem se consolidado como estratégia central para o treinamento seguro de estudantes e profissionais da saúde. Contudo, simuladores comerciais, como o modelo da Laerdal, têm alto custo e limitada acessibilidade em muitos cenários de ensino brasileiros.

Objetivo: Validar a aplicabilidade e a eficácia de um simulador de traqueostomia desenvolvido pela Faculdade de Vassouras, comparando-o ao modelo comercial Laerdal quanto ao ganho de conhecimento e ao desempenho prático dos alunos.

Métodos: Estudo quase-experimental comparativo, envolvendo alunos de Medicina distribuídos em dois grupos (Laerdal e Vassouras). Foram aplicados questionários pré e pós-treinamento sobre percepção de conhecimento e registrado o tempo de execução do procedimento em cada simulador. Realizou-se análise descritiva, teste qui-quadrado para comparação pré/pós, Mann-Whitney para deslocamento ordinal de conhecimento e testes F e t para comparação dos tempos médios, considerando $\alpha=0,05$.

Resultados/Produto: Ambos os simuladores promoveram aumento significativo na percepção de conhecimento em traqueostomia, com efeito forte a muito forte. Os tempos médios de execução foram similares entre os grupos, mas o simulador de Vassouras apresentou menor coeficiente de variação após a exclusão de um valor atípico, sugerindo maior consistência no desempenho prático dos alunos.

Conclusão: O simulador de traqueostomia desenvolvido pela Faculdade de Vassouras mostrou-se uma alternativa válida, eficiente e potencialmente mais acessível ao modelo Laerdal, favorecendo a ampliação do treinamento em manejo de vias aéreas em instituições de ensino e serviços de saúde.

Palavras-chave: Traqueostomia; Treinamento por Simulação; Educação Médica; Estudantes de Medicina.

ABSTRACT

Background: Tracheostomy is a critical procedure in airway management, and realistic simulation has become a key strategy to ensure safe training for health professions students. However, commercial simulators such as the Laerdal model are costly and often inaccessible in many Brazilian educational settings. **Objective:** To validate the applicability and effectiveness of a tracheostomy simulator developed by Faculdade de Vassouras, compared with the commercial Laerdal model, regarding knowledge gain and practical performance. **Methods:** This quasi-experimental comparative study included medical students allocated to two groups (Laerdal and Vassouras). Self-reported knowledge was assessed through pre- and post-training questionnaires, and procedure time on each simulator was recorded. Descriptive statistics were performed, chi-square tests were used to compare pre/post distributions, Mann–Whitney tests to assess ordinal shifts in knowledge, and F and t tests to compare mean procedure times, with $\alpha=0.05$. **Results:** Both simulators produced a significant increase in perceived knowledge about tracheostomy, with strong to very strong effect sizes. Mean procedure times were similar between groups, but the Vassouras simulator showed a lower coefficient of variation after removing one outlier, indicating more consistent performance among students. **Conclusion:** The tracheostomy simulator developed by Faculdade de Vassouras proved to be a valid and efficient alternative to the Laerdal model and may represent a more accessible option to expand airway management training in medical schools and healthcare services.

Keywords: Tracheostomy; Simulation Training; Education, Medical; Students, Medical; Airway Management.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CAAE – Certificado de Apresentação de Apreciação Ética

CNS – Conselho Nacional de Saúde

CV – Coeficiente de Variação

DeCS – Descritores em Ciências da Saúde

FV – Faculdade de Vassouras

MeSH – Medical Subject Headings

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIFAGOC – Centro Universitário Governador Ozanam Coelho

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo de execução da simulação, com e sem valor atípico	36
Tabela 2 – Teste qui-quadrado e medida de efeito (V de Cramer) para o ganho de conhecimento percebido (Pré Q1 x Pós Q1), por simulador	37
Tabela 3 – Síntese dos resultados do teste de Mann–Whitney U para o nível de conhecimento (escore 1–4).....	38
Tabela 4 – Comparação de custo entre o simulador comercial de referência e o protótipo desenvolvido pela Universidade de Vassouras	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características técnicas dos simuladores avaliados	27
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aula teórica sobre o tema	28
Figura 2 – Etapas da coleta de dados	29
Figura 3 – Escala de tratamento	30
Figura 4 – Desfechos, instrumentos e análise estatística	31
Figura 5 – Análise do aprendizado autorrelatado	33
Figura 6 – Síntese dos Resultados	38
Figura 7 – Ganho de conhecimento: magnitudes do efeito (pré vs. pós) comparando V de Cramer e Mann–Whitney (aprox.) entre os grupos Laerdal e UV.	41
Figura 8 – Desempenho prático: Tempo médio de execução (minutos) com e sem outlier ...	42
Figura 9 – Consistência do desempenho	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	19
3 OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo Geral	23
3.2 Objetivos Específicos	23
3.3 Perguntas a serem respondidas	23
3.4 Aplicação prática esperada	24
4 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO	26
4.1 Tipo de estudo	26
4.2 Cenário do estudo	26
4.3 Participantes	27
4.4 Procedimentos de coleta de dados	29
4.5 Análise dos dados	31
4.6 Implicações clínicas, éticas e operacionais	33
5 RESULTADOS	36
5.1 Tempo de execução da traqueostomia	36
5.2 Ganho de conhecimento autorrelatado (pré-teste x pós-teste)	36
5.3 Comparação ordinal do nível de conhecimento e diferenças entre simuladores	37
5.4 Síntese dos Resultados e Validação	38
5.5 Discussão dos Resultados	40
5.6 Limitações do estudo e implicações para pesquisas futuras	46
6 CONCLUSÃO	48
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	56
Anexo A – Questionário de Validação	56

Introdução

1 INTRODUÇÃO

A educação médica tem passado por uma transformação profunda com a incorporação de metodologias ativas, entre as quais se destaca a simulação realística. A aprendizagem baseada em simulação é reconhecida como uma das estratégias mais efetivas para o desenvolvimento de competências técnicas e não técnicas, pois permite que o discente vivencie situações de alta complexidade em ambiente seguro, repetível e controlado, reduzindo riscos para o paciente real. Revisões recentes ressaltam que a simulação contribui para aprimorar habilidades psicomotoras, tomada de decisão clínica, comunicação e trabalho em equipe, ao mesmo tempo em que promove maior segurança do paciente e diminuição de erros (Alonso-Peña; Álvarez Álvarez, 2023; Cook; Hatala, 2016; Elshama, 2020). Assim, investir em simulação não é um luxo pedagógico, mas um requisito ético e organizacional para sistemas de saúde que pretendem oferecer cuidado de qualidade.

Em vias aéreas e Otorrinolaringologia, programas que combinam módulos on-line com prática hands-on aumentam conhecimento e conforto, sobretudo entre aprendizes menos experientes, aspecto crítico em procedimentos de alto risco como a traqueostomia (Tiu *et al.*, 2022). A pandemia de COVID-19 reativou o debate sobre o timing ótimo do procedimento: enquanto diretrizes iniciais priorizaram postergar por razões de biossegurança, metanálises e coortes observaram que traqueostomias “precoces” (≤ 14 dias) podem reduzir a duração da ventilação mecânica e do tempo de UTI, sem aumento de mortalidade, quando executadas com técnica e proteção adequadas (McCoy *et al.*, 2022; Wise *et al.*, 2023). Essas evidências reforçam a necessidade de treinamento padronizado para tomada de decisão e execução segura (Benjamin *et al.*, 2022).

No campo específico do manejo de vias aéreas, a evidência disponível reforça a superioridade da simulação, quando comparada ao ensino apenas teórico ou baseado em observação. Estudo de metanálise em rede, que comparou diferentes modalidades de treinamento em via aérea, demonstrou que intervenções com simulação – isoladas ou combinadas a outros métodos – levam a melhores desfechos nos níveis de reação, aprendizagem e comportamento da escala de Kirkpatrick¹, indicando maior aquisição de

¹ A escala de Kirkpatrick é um modelo de quatro níveis para avaliar a eficácia de treinamentos, analisando a reação dos participantes, a aprendizagem adquirida, a mudança de comportamento no trabalho e os resultados alcançados pela organização. É um método amplamente utilizado para medir o impacto de programas de treinamento formais e informais, do momento em que o treinamento começa até o seu resultado final (Miranda *et al.*, 2025).

conhecimento, confiança e desempenho procedimental por parte dos profissionais em formação (Ando *et al.*, 2022).

De forma semelhante, pesquisa com residentes de primeiro ano mostrou que a educação baseada em simulação, especialmente quando associada à aprendizagem entre pares, aumenta o conhecimento, a satisfação com o treinamento e tende a melhorar o desempenho em cenários reais de atendimento em emergência (Murakami *et al.*, 2023).

Quando se analisa o contexto da otorrinolaringologia e das emergências de vias aéreas, o papel da simulação torna-se ainda mais evidente. Um estudo prospectivo com internos de medicina, submetidos a um programa híbrido de aulas expositivas e treinamento simulado em habilidades de otorrino (incluindo manejo de traqueostomia, epistaxe e sondagem nasogástrica), evidenciou melhora significativa do desempenho cognitivo e prático, com resultados mais expressivos nos grupos que tiveram contato direto com o simulador (Mk *et al.*, 2023). Esse tipo de evidência mostra que o treino estruturado em manequins ou modelos de alta e média fidelidade consegue antecipar, de maneira ética e segura, situações críticas que, no mundo real, poderiam representar risco de morte ou sequelas graves ao paciente.

Nos últimos anos, surgiu também uma agenda de inovação voltada ao desenvolvimento de simuladores mais acessíveis, portáteis e customizáveis, muitas vezes baseados em impressão 3D e eletrônica embarcada de baixo custo. Um exemplo é o currículo para manejo de vias aéreas alteradas, que utilizou treinadores de habilidades produzidos em impressão 3D para treinar residentes de anestesiologia no manejo de pacientes traqueostomizados e laringectomizados. Após um curso de 75 minutos, houve aumento significativo tanto da confiança autorrelatada quanto do conhecimento objetivo, e todos os participantes atingiram competência nas tarefas práticas avaliadas (Epperson *et al.*, 2024). Esses resultados indicam que modelos físicos relativamente simples, quando ancorados em um desenho pedagógico bem estruturado, são capazes de gerar ganhos robustos de competência clínica.

No âmbito da assistência ao paciente traqueostomizado, a literatura também mostra a importância de programas de educação continuada com forte componente prático e simulado. Em um estudo de intervenção com enfermeiros, a implementação de um programa de atualização em cuidados com traqueostomia resultou em melhora significativa do conhecimento, da autoconfiança e da capacidade de reconhecer e manejar precocemente complicações, contribuindo para a segurança do paciente e para a redução de eventos adversos (Benjamin *et al.*, 2022). Considerando que grande parte das complicações e até óbitos em unidades de terapia intensiva está relacionada a falhas no cuidado da traqueostomia,

como obstrução por rolha mucosa, deslocamento acidental da cânula ou manejo inadequado de sangramentos – torna-se evidente que a formação e a reciclagem das equipes não podem ser esporádicas ou intuitivas.

No entanto, simuladores comerciais de alta fidelidade costumam ter custo elevado, dependem de infraestrutura específica e, muitas vezes, não estão adaptados à realidade de instituições de ensino e serviços de saúde de pequeno e médio porte, especialmente em contextos de restrição orçamentária (Vahednasiri, 2024). Como consequência, uma parcela expressiva de estudantes e profissionais em formação continua a ter acesso limitado a experiências de simulação realística em procedimentos como a traqueostomia, perpetuando desigualdades formativas e, potencialmente, de qualidade assistencial.

Diante disso, ganha relevância a proposta de desenvolvimento de simuladores inovadores, de baixo custo e tecnologicamente interativos, baseados em recursos como impressão 3D, sensores e microcontroladores de código aberto (como o Arduino). Ao combinar anatomia simplificada, porém funcional com feedbacks sonoros e visuais em tempo real, esses dispositivos permitem que o discente identifique de forma imediata se está seguindo a sequência correta de passos, se posicionou adequadamente a cânula e se evitou estruturas críticas.

Essa retroalimentação imediata dialoga diretamente com os princípios da aprendizagem deliberada, que pressupõe repetição, feedback específico e correção de erros em ciclos progressivos de complexidade. Nesse sentido, um simulador de traqueostomia interativo, patenteado e desenvolvido em instituição brasileira, insere-se em uma tendência internacional de criação de task trainers que sejam, ao mesmo tempo, pedagogicamente robustos e economicamente viáveis, ampliando o acesso à simulação em cenários acadêmicos e assistenciais diversos.

Neste contexto, o relatório técnico que acompanha o desenvolvimento e a avaliação de um simulador de traqueostomia com tecnologia embarcada de baixo custo busca responder a uma lacuna concreta: como oferecer, de forma sistemática, treino procedimental seguro e padronizado para estudantes e profissionais de saúde em um procedimento complexo, de alto risco para o paciente e para a equipe, utilizando um dispositivo acessível e alinhado às melhores evidências em educação baseada em simulação. Ao articular diretrizes recentes sobre traqueostomia, estudos internacionais de simulação em manejo de vias aéreas e experiências com modelos 3D de treinamento, esta dissertação pretende demonstrar, de maneira crítica e fundamentada, em que medida o simulador proposto contribui para a qualificação das práticas de ensino e, potencialmente, para a segurança do cuidado em saúde.

Justificativa e Relevância

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A traqueostomia é um procedimento amplamente utilizado em contextos de terapia intensiva, emergência e reabilitação, sendo indicada tanto em situações agudas quanto em condições crônicas que comprometem a via aérea. Entretanto, trata-se de uma intervenção de alto risco, associada a complicações graves quando a técnica de inserção, manutenção e troca da cânula não é realizada de forma adequada por profissionais devidamente treinados. Estudos recentes têm destacado que a qualidade do cuidado em traqueostomia está diretamente relacionada à formação prática da equipe, à padronização de protocolos e ao uso de estratégias educacionais ativas que privilegiem o desenvolvimento de competências técnicas e não técnicas, como tomada de decisão e comunicação em equipe (Mishra; Hemlata; Trivedi, 2023; Tong *et al.*, 2024).

No campo da formação em saúde, a aprendizagem baseada em simulação consolidou-se, nos últimos anos, como uma metodologia potente para aproximar teoria e prática sem expor pacientes aos riscos inerentes ao treinamento de procedimentos invasivos. Revisões sistemáticas e ensaios clínicos multicêntricos demonstram que a simulação melhora significativamente o conhecimento, as habilidades psicomotoras, a autoconfiança e a tomada de decisão de estudantes e profissionais de enfermagem e medicina em diferentes cenários clínicos, inclusive em contextos críticos (Alharbi *et al.*, 2024; Mishra; Hemlata; Trivedi, 2023; Sjöberg *et al.*, 2025; Tong *et al.*, 2024). Dessa forma, justifica-se o investimento em dispositivos simuladores específicos para procedimentos de alto risco, como a traqueostomia, sobretudo em cursos de graduação e em programas de educação permanente.

Especificamente em otorrinolaringologia e manejo de via aérea, evidências recentes apontam que o treinamento baseado em simulação melhora de maneira consistente o desempenho de estudantes e internos, quando comparado ao ensino tradicional expositivo (Moore *et al.*, 2025; Paixão *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2025; Vahednasiri, 2024). Em um estudo prospectivo com 60 internos, a simulação híbrida em emergências de orelha, nariz e garganta incluindo o cuidado com traqueostomia resultou em ganhos significativos nas notas de conhecimento, nas habilidades práticas e nos níveis de confiança dos participantes (Mk *et al.*, 2023). De modo semelhante, programas de educação focados no cuidado de traqueostomias

crônicas com abordagem por competências e uso de simulação aprimoraram o desempenho de profissionais e cuidadores, reduzindo erros e aumentando a segurança do paciente (Bayram; Çalışkan, 2023; Shi *et al.*, 2022).

Contudo, apesar do avanço da simulação em saúde, a literatura evidencia desafios importantes: o alto custo de manequins comerciais de alta fidelidade, a necessidade de infraestrutura específica e a dificuldade de acesso a modelos realistas em instituições com menos recursos, particularmente em países em desenvolvimento (Vahednasiri, 2024). Esse cenário cria um descompasso entre a recomendação de metodologias ativas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos cursos da área da saúde que enfatizam a integralidade do cuidado, a segurança do paciente e a prática supervisionada e as condições concretas de ensino na maior parte das escolas médicas brasileiras (Meireles; Fernandes; Silva, 2019).

Nesse contexto, a criação, adaptação e validação de um simulador de traqueostomia de baixo custo, construído com materiais acessíveis e passível de reprodução em diferentes instituições, configura-se como uma resposta concreta a essas lacunas. Estudos nacionais que desenvolveram modelos sintéticos, como o modelo laríngeo 3D para treinamento em fonocirurgia, mostram que é possível alcançar alta satisfação dos especialistas e boa consistência interna em instrumentos de validação, ao mesmo tempo em que se reduz o custo por treinamento e se amplia o número de discentes beneficiados (Saliba; Barros, 2023). Assim, justifica-se a presente pesquisa por: (i) propor um simulador específico para traqueostomia alinhado às necessidades formativas de estudantes de Medicina; (ii) validar seu uso por meio de instrumentos padronizados e análise estatística dos desempenhos; e (iii) contribuir para a disseminação de tecnologias educacionais acessíveis, alinhadas aos princípios de segurança do paciente e excelência na formação profissional.

A relevância deste estudo se desdobra em, pelo menos, três dimensões articuladas: acadêmica, assistencial/social e institucional/político-pedagógica. No plano acadêmico, a pesquisa preenche uma lacuna importante na literatura nacional ao descrever, testar e validar um simulador de traqueostomia de baixo custo, com potencial de uso tanto na graduação quanto na capacitação de profissionais de serviços de saúde. Revisões recentes enfatizam que ainda há escassez de evidências sobre o impacto de diferentes formatos de simulação na retenção de competências ao longo do tempo e em contextos diversos de ensino (Alharbi *et al.*, 2024; Sjöberg *et al.*, 2025). Ao sistematizar um protocolo de construção, aplicação e avaliação de um simulador específico, este trabalho amplia o repertório de soluções educacionais descritas na literatura e pode servir de base para novas investigações comparativas, estudos multicêntricos e adaptações em outras instituições.

No âmbito assistencial e social, a relevância se expressa na perspectiva de redução de eventos adversos relacionados à traqueostomia, tais como obstrução da cânula, deslocamentos acidentais, hemorragias e complicações infecciosas. Estudos apontam que a qualificação das equipes, associada a programas estruturados de treinamento em traqueostomia, está ligada à melhoria da segurança do paciente, à redução do tempo de internação e de custos hospitalares, além de melhor experiência para pacientes e familiares (Mk *et al.*, 2023; Shi *et al.*, 2022). Ao fortalecer a formação prática dos estudantes e profissionais que atuarão em unidades de emergência, terapia intensiva e enfermarias cirúrgicas, o simulador contribui indiretamente para a qualificação da rede de atenção e para o cumprimento de diretrizes nacionais e internacionais de segurança do paciente.

Do ponto de vista institucional, a proposta dialoga diretamente com as DCNs dos cursos de Medicina, que recomendam a adoção de metodologias ativas, a integração teoria-prática desde os primeiros anos da formação e a centralidade da competência clínica na avaliação discente. A incorporação de um simulador de traqueostomia validado ao currículo permite estruturar atividades práticas avaliáveis, baseadas em *checklists* e escalas de desempenho, em consonância com o movimento internacional de educação médica orientada por competências (Tong *et al.*, 2024). Dessa forma, o trabalho não apenas produz um recurso pontual, mas favorece a consolidação de uma cultura de simulação na instituição, integrando-se a outras iniciativas de inovação pedagógica e de melhoria contínua da qualidade da formação.

Por fim, há uma relevância estratégica para políticas de formação em saúde em contextos de restrição orçamentária. Ao demonstrar que é possível construir e validar um simulador de traqueostomia com custo reduzido, este estudo oferece um modelo replicável para outras escolas médicas, hospitais de ensino e programas de residência que não dispõem de acesso a manequins comerciais de alta fidelidade. Em um cenário em que a demanda por profissionais capacitados em manejo de via aérea tende a aumentar, em função do envelhecimento populacional, da complexidade dos casos e de situações epidêmicas/pandêmicas, iniciativas que ampliem o acesso a tecnologias educacionais efetivas, seguras e economicamente viáveis assumem elevado grau de relevância social.

Objetivos

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Teve como objetivo geral validar a aplicabilidade do modelo de simulador de traqueostomia desenvolvido pela Universidade de Vassouras em conjunto com os alunos da UNIFAGOC, verificando a funcionalidade do modelo.

3.2 Objetivos Específicos

Selecionou-se um grupo de alunos que realizou o treinamento proposto para uso do simulador de traqueostomia;

Explicou-se o funcionamento do modelo;

Observou-se a utilização do modelo pelos alunos;

Realizou-se um questionário, validando o treinamento proposto pelo simulador;

Observou-se se havia necessidade de novas adaptações ao modelo;

Realizou-se um relatório compilando os dados observados durante a execução do projeto.

3.3 Perguntas a serem respondidas

O simulador da Universidade de Vassouras foi estatisticamente eficaz para promover o aumento de conhecimento em traqueostomia em comparação com o modelo comercialmente disponível da Laerdal?

Houve diferença estatisticamente significativa entre o tempo médio de execução do procedimento nos simuladores?

Qual dos modelos proporcionou maior consistência no tempo de execução do procedimento pelos alunos?

O simulador da Universidade de Vassouras pôde ser considerado uma alternativa viável e eficiente ao modelo da Laerdal no treinamento de traqueostomia?

3.4 Aplicação prática esperada

O dispositivo simulador de traqueostomia foi usado para o treinamento e capacitação de profissionais ou acadêmicos da área da saúde, permitindo treinamento massivo de grande número de usuários, bem como a reciclagem de aprendizado.

Metodologia e Desenvolvimento

4 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

4.1 Tipo de estudo

Este estudo caracterizou-se como uma pesquisa de abordagem quantitativa (Fachin, 2013), com delineamento quase experimental, do tipo antes-depois, envolvendo a comparação entre dois modelos de simuladores de traqueostomia: um simulador comercial, da empresa Laerdal, e um simulador desenvolvido pela Faculdade de Vassouras (FV). A proposta foi validar a aplicabilidade e a funcionalidade do modelo desenvolvido pela FV, tomando como parâmetro de comparação um simulador amplamente utilizado no mercado.

4.2 Cenário do estudo

A pesquisa ocorreu no laboratório de habilidades da UNIFAGOC, com estudantes de graduação da área da saúde recrutados por conveniência. A coleta de dados foi realizada entre 25 de outubro de 2024 e 15 de abril de 2025. Foram elegíveis discentes regularmente matriculados e que consentiram participar; foram excluídos aqueles com treinamento formal prévio em traqueostomia em pacientes ou simuladores avançados, bem como casos com registros incompletos de questionários ou tempo.

O simulador desenvolvido pela Faculdade de Vassouras foi concebido como um dispositivo simulador de traqueostomia dotado de sistema de som baseado em plataforma Arduino, destinado à simulação do procedimento em salas de aula ou laboratórios especializados, bem como ao treinamento e capacitação de profissionais ou acadêmicos da área da saúde. A invenção foi projetada para ser dividida em partes, com componentes anatômicos e com integração de software e hardware em plataforma livre (Arduino), com o objetivo de prover prática de simulação em traqueostomia de forma interativa e acessível.

Do ponto de vista anatômico, o simulador foi constituído por estruturas representando a região cervical, incluindo pele sintética, planos de tecido subcutâneo, cartilagens e traqueia artificial, permitindo a palpação de referências anatômicas e a execução das etapas técnicas da traqueostomia (incisão, dissecação, abertura da traqueia e inserção da cânula).

Do ponto de vista tecnológico, o dispositivo integrou um microcontrolador (Arduino), módulo de áudio e botões de comando, que permitiam a reprodução de instruções em formato sonoro, orientando o usuário passo a passo na realização do procedimento. Esse sistema de som auxiliado por hardware livre tornou o simulador interativo, possibilitando que

o próprio equipamento fornecesse feedback e conduzisse o ritmo da simulação, com menor dependência direta do instrutor.

O simulador comercial utilizado como comparador foi um simulador cirúrgico de traqueostomia e cricotireoidostomia, associado a aplicativo de dispositivo móvel. Este simulador foi composto por um boneco plástico contendo busto, pescoço e cabeça, com abertura na porção anterior do pescoço, preenchida por bloco de espuma e material têxtil, simulando os planos de tecidos.

A traqueia foi representada por uma peça contínua de formato tubular, confeccionada em borracha de silicone líquida (ou material equivalente) e catalisador, pigmentada com tinta acrílica ou similar, moldada em estrutura rígida para simular a anatomia humana, com anéis traqueais e espaços entre os anéis. O simulador também contou com peças que representavam as cartilagens laríngeas (em massa epóxi ou equivalente), a glândula tireoide (em plástico ou similar) e o tecido subcutâneo (em silicone ou equivalente), todos montados sob uma pele dual de material fibroso e silicone. Esse conjunto conferiu ao modelo um grau de realismo anatômico adequado para treinamento do procedimento.

As principais diferenças de construção e interatividade entre os simuladores, relevantes para a interpretação dos resultados, estão sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características técnicas dos simuladores avaliados

Item	Modelo Laerdal (comparador)	Modelo UV (experimental)
Base anatômica	Simulador comercial com pele/tecidos substituíveis	Boneco (busto/pescoço/cabeça) com abertura cervical anterior
Via aérea	Traqueia do fabricante	Traqueia tubular contínua em borracha de silicone com anéis simulados
Tecidos moles	Camadas do fabricante	Tecido subcutâneo em silicone + pele dual (material fibroso + silicone)
Estruturas rígidas	Conforme fabricante	Cartilagens laríngeas em massa epóxi; tireoide plástica
Interatividade	Predominantemente passiva	Arduino® com sistema de som e aplicativo móvel para feedback
Consumíveis	Padronizados	Padronizados (mesmos do comparador)

Fonte: elaboração própria.

4.3 Participantes

Participaram do estudo estudantes regularmente matriculados no curso de Medicina da UNIFAGOC, em período letivo compatível com o conteúdo de manejo de vias aéreas e traqueostomia. Inicialmente, os discentes foram convidados a participar de uma aula teórica sobre o tema e, em seguida, daqueles que aceitaram participar, foi selecionado o grupo que integrou as etapas práticas do estudo.

Figura 1 - Aula teórica sobre o tema



Fonte: Acervo pessoal

Após a etapa teórica, os alunos foram distribuídos em dois grupos independentes: Grupo Laerdal: realizou o treinamento utilizando o simulador comercial de traqueostomia da empresa Laerdal; e Grupo Vassouras: realizou o treinamento utilizando o simulador de traqueostomia desenvolvido pela Faculdade de Vassouras.

A amostra foi composta por estudantes do curso de Medicina da UNIFAGOC que participaram de aula teórica sobre traqueostomia e, em seguida, do treinamento prático em simulação. Na análise dos tempos, o grupo que utilizou o simulador da Faculdade de Vassouras contou com 30 participantes ($n = 30$) no conjunto bruto de dados e 29 ($n = 29$) após a retirada do valor atípico. O grupo Laerdal contou com 37 participantes ($n = 37$). Todos responderam ao pré-teste e ao pós-teste, permitindo a comparação das distribuições de respostas e a avaliação do aprendizado autorrelatado.

Ao todo, foram contabilizadas 30 execuções do procedimento utilizando o modelo da Faculdade de Vassouras e 37 execuções utilizando o modelo Laerdal, totalizando 67 simulações. Esses registros foram utilizados tanto para a análise descritiva do tempo de execução do procedimento quanto para a comparação estatística entre os dois modelos.

Buscou-se manter número semelhante de participantes em cada grupo, respeitando a logística de uso dos equipamentos e a disponibilidade dos estudantes. Foram incluídos no estudo os alunos que aceitaram participar voluntariamente, preencheram os instrumentos de avaliação (pré e pós-teste) e realizaram o procedimento simulado nos respectivos manequins.

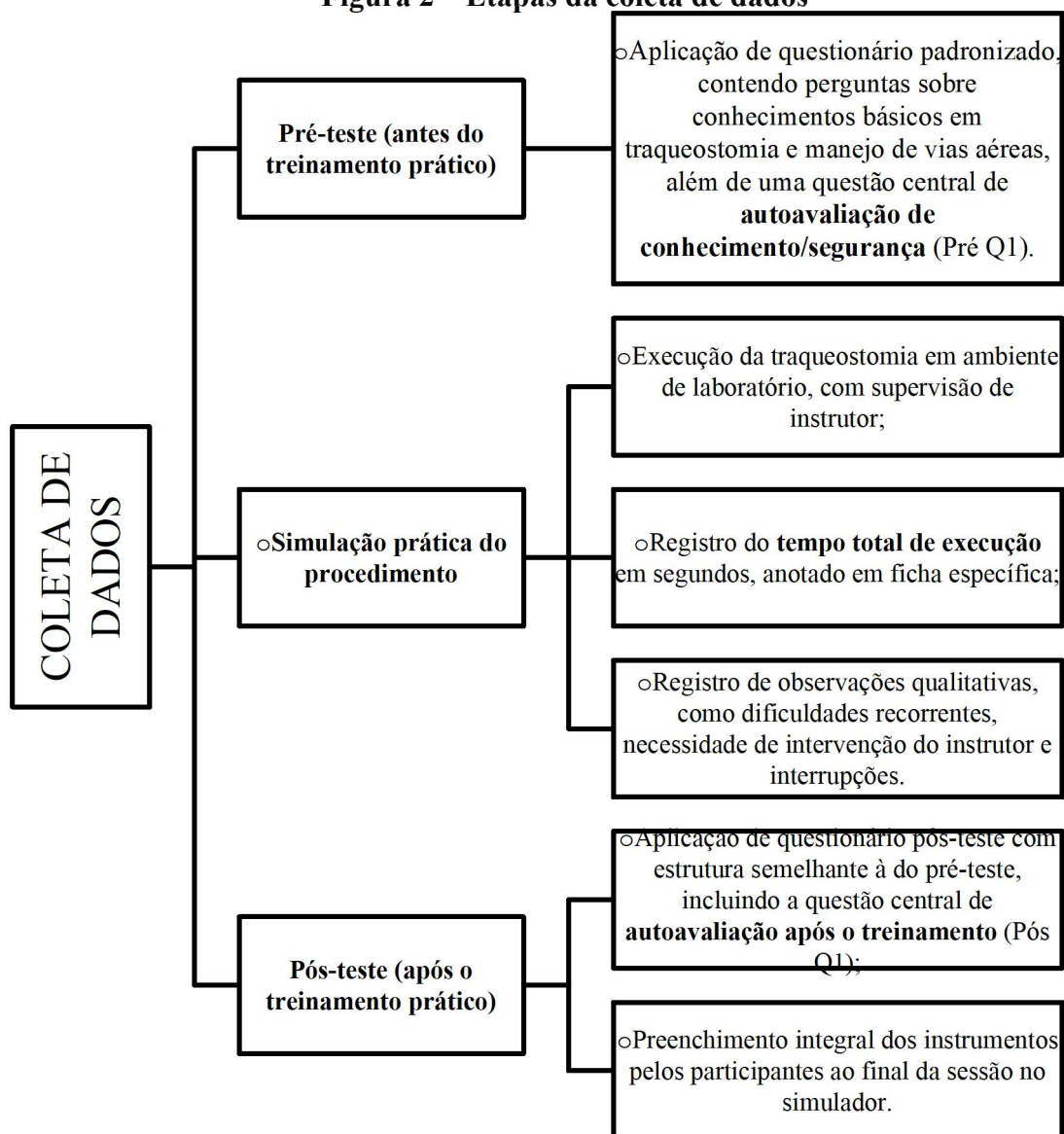
Cada participante realizou uma única sessão no simulador atribuído à sua turma (sem *cross-over*) para evitar transferência imediata de habilidades. O tempo de execução foi

cronometrado do primeiro contato com a pele à fixação final da cânula por avaliador treinado e cego quanto às hipóteses do estudo. Para reduzir variabilidade, padronizaram-se cenário (mesa, iluminação, instrumentais), consumíveis e checklist, e manteve-se o instrutor por bloco.

4.4 Procedimentos de coleta de dados

Durante a simulação, os pesquisadores observaram a execução do procedimento e mensuraram o tempo total de realização da simulação para cada aluno, em segundos. Foram anotados, também, aspectos qualitativos como dificuldades recorrentes, necessidade de intervenção do instrutor e eventuais interrupções.

Figura 2 – Etapas da coleta de dados



Fonte: Elaboração própria

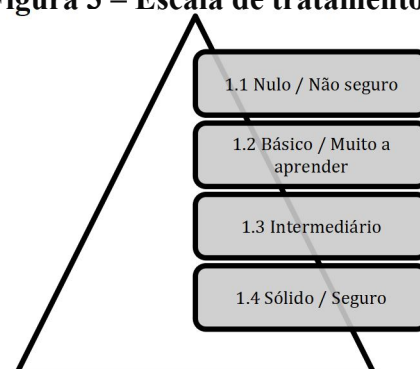
Todos os dados foram consolidados em planilhas eletrônicas, organizadas em abas temáticas (tempo, pré-teste, pós-teste, frequências agregadas), e complementados por registro fotográfico das atividades, com o objetivo de documentar o processo de treinamento e o uso dos simuladores.

Os questionários pré e pós-teste compuseram-se de questões fechadas de múltipla escolha, voltadas ao conhecimento sobre traqueostomia, manejo de vias aéreas e percepção de segurança. Em especial, duas questões serviram de base direta para comparação: Pré Q1: “Qual a sua compreensão sobre o manejo de vias aéreas com a realização de traqueostomia?”; e Pós Q1: “Após o treinamento realizado, como você avalia o seu conhecimento sobre o assunto?”.

Por sua vez, foi utilizada uma ficha de registro da simulação utilizada pelos pesquisadores para registrar o tempo de execução do procedimento em cada simulador e anotar observações relevantes sobre a dinâmica do treinamento.

As variáveis centrais analisadas foram: Percepção de conhecimento/segurança em relação à traqueostomia (medida por meio das respostas às questões dos questionários pré e pós-teste); e tempo de execução do procedimento de traqueostomia em simulação (medido em segundos), em cada simulador. As perguntas comparáveis (pré Q1 e pós Q1) foram tratadas de forma especial. As alternativas de resposta, tanto no pré quanto no pós-teste, foram recodificadas em uma escala ordinal de 1 a 4, de acordo com o nível de conhecimento/segurança autorrelatado:

Figura 3 – Escala de tratamento



Fonte: Elaboração própria

No pré-teste, as alternativas já se encontravam ordenadas do menor para o maior nível de conhecimento. No pós-teste, foi necessária a inversão da lógica inicial de apresentação (uma vez que a alternativa “a” correspondia ao maior conhecimento e a “d” ao

menor), para alinhar as categorias em escala crescente. Após esse realinhamento, as respostas de pré e pós-teste tornaram-se comparáveis. Importa destacar que as respostas representaram percepções autorrelatadas de conhecimento e segurança, e não medidas objetivas de desempenho prático, o que foi considerado na definição do plano de análise e será retomado na discussão.

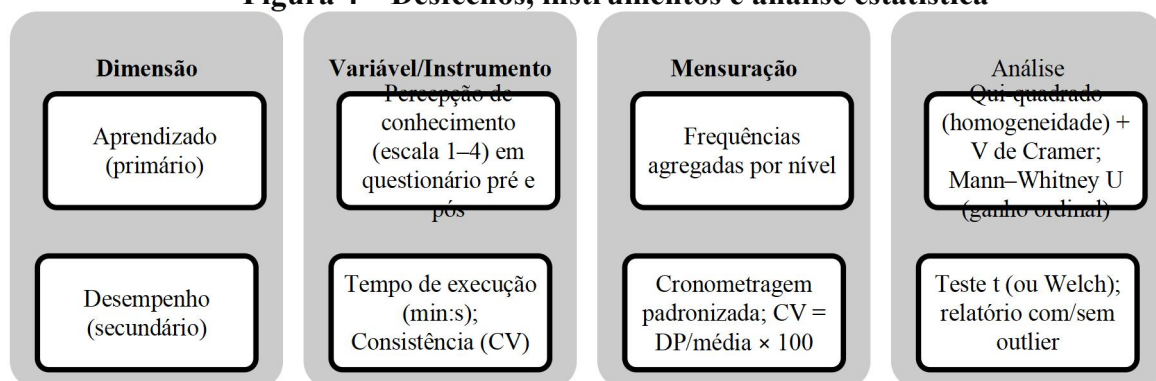
4.5 Análise dos dados

Inicialmente, os dados foram submetidos a verificação de consistência (checagem de preenchimento, detecção de registros incompletos); análise exploratória das distribuições de tempo de execução e das frequências das categorias de conhecimento; e identificação de valores atípicos (outliers) nos tempos de simulação, com base em critérios descritivos (dispersão e inspeção visual de gráficos) e nos conceitos apresentados por Triola (2017).

Quando valores atípicos foram identificados, planejou-se avaliar a plausibilidade de erro de registro; descrever o impacto desses valores nas estatísticas descritivas (média, desvio-padrão, coeficiente de variação); e repetir as análises com e sem tais valores, de forma a verificar a robustez das conclusões.

Os desfechos foram: (a) aprendizado autorrelatado (primário), medido por questionário pré e pós-treinamento em escala ordinal 1–4 (1 = nulo/não seguro; 4 = sólido/seguro); e (b) desempenho prático (secundário), mensurado pelo tempo de execução e pela consistência do grupo estimada pelo Coeficiente de Variação ($CV = DP/média \times 100$). A identificação de valores atípicos no tempo seguiu o método de *Tukey* ($1,5 \times IQR$); detectou-se um *outlier* (06:58) no grupo UV, motivo pelo qual as análises são reportadas com e sem esse valor (Conover; Iman, 1981). O conjunto de variáveis, instrumentos e testes estatísticos empregados encontra-se resumido na Figura a seguir.

Figura 4 – Desfechos, instrumentos e análise estatística



Fonte: elaboração própria.

A estratégia de análise estatística comparativa teve como objetivo confrontar a eficiência dos simuladores quanto a três eixos principais:

- Aprendizado (pré x pós): A partir do teste qui-quadrado e do Mann–Whitney, buscou-se verificar se houve ganho significativo de conhecimento autorrelatado após o treinamento e se esse ganho diferiu entre o simulador Laerdal e o simulador da FV.

- Tempo de execução e variabilidade: Com base na média, desvio-padrão, coeficiente de variação, teste F e teste t, a análise procurou identificar diferenças entre os modelos quanto ao tempo médio de execução e à consistência do desempenho dos alunos (variabilidade entre os tempos).

- Custo, risco e barreiras à adoção (análise inferencial): Embora não tenham sido mensurados diretamente no estudo, foram consideradas, em nível inferencial, questões de custo, risco e barreiras de adoção. O modelo da FV, por utilizar plataforma aberta (Arduino) e materiais acessíveis (silicone, massa epóxi, tecido etc.), foi entendido como potencialmente mais econômico do que a solução comercial, o que o torna atrativo para instituições com orçamento limitado. O risco foi considerado baixo em ambos os modelos, por se tratar de ambiente de simulação; entretanto, a adoção em larga escala do modelo FV demandaria, em um cenário real, padronização, certificações (ANVISA/ABNT) e estrutura de produção em escala.

Para o tempo de execução do procedimento, foram calculadas: média, desvio-padrão e coeficiente de variação para cada grupo de simulador; representações gráficas (diagramas de dispersão e comparações de médias) para visualização da distribuição dos tempos.

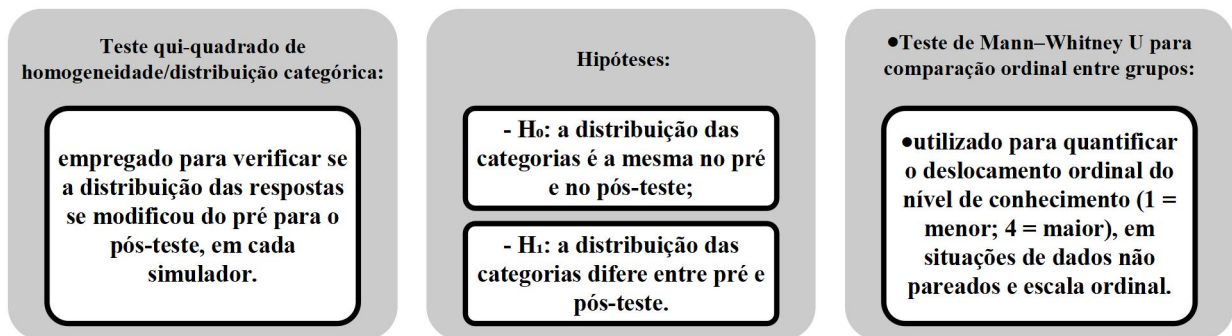
A comparação formal entre os simuladores envolveu Teste F para comparação das variâncias dos tempos de execução entre os dois grupos, com nível de significância $\alpha = 0,05$, a fim de definir a forma adequada de aplicação do teste t; Teste t de *Student* para amostras independentes (Triola, 2023), utilizado para verificar a existência de diferença significativa entre os tempos médios de execução dos procedimentos nos simuladores Laerdal e Faculdade de Vassouras, considerando-se tanto o conjunto de dados original quanto a análise ajustada (sem valores atípicos). Os resultados numéricos desses testes, bem como a interpretação da presença ou não de diferenças estatisticamente significativas, foram reservados para a seção de Resultados.

Conforme Triola (2023) o teste t é utilizado para determinar se existe diferença significativa entre a média de uma amostra e a média de outra população/amostra, especialmente útil quando o tamanho amostral é pequeno e a variância populacional é desconhecida. Nos cálculos deste estudo, foi necessário recorrer a aproximações, uma vez que

os valores tabelados não contemplavam exatamente os graus de liberdade obtidos. No caso da análise sem o valor atípico, utilizou-se a média entre os valores críticos disponíveis.

Para a variável conhecimento/segurança autorrelatado, utilizou-se inicialmente o teste qui-quadrado de homogeneidade/distribuição categórica, por meio do qual se comparou a distribuição das respostas nas quatro categorias (1 a 4) entre o pré e o pós-teste, para cada simulador. Nesse contexto, foram estabelecidas as seguintes hipóteses: hipótese nula (H_0), de que a distribuição das categorias seria a mesma nos momentos pré e pós-teste; e hipótese alternativa (H_1), de que a distribuição das categorias diferiria entre o pré e o pós-teste. Além disso, foi calculada a medida de efeito V de Cramer (Triola, 2023), com o objetivo de estimar a magnitude da associação entre o momento da avaliação (pré/pós) e o nível de conhecimento autorrelatado.

Figura 5 – Análise do aprendizado autorrelatado



Fonte: elaboração própria.

Em complemento, empregou-se o teste de Mann-Whitney U para avaliar o deslocamento ordinal do nível de conhecimento (escores de 1 a 4) antes e depois do treinamento dentro de cada simulador, bem como para a comparação entre os grupos no pós-teste. Para viabilizar essa análise, as contagens de respostas em cada categoria foram transformadas em vetores de escores, replicando-se os valores 1, 2, 3 e 4 de acordo com o número de respostas em cada classe. Os valores de χ^2 , os respectivos p-valores, as estimativas de V de Cramer e as estatísticas do teste de Mann-Whitney serão apresentados em tabelas específicas e descritos na seção de Resultados, juntamente com as interpretações sobre o ganho de conhecimento em cada simulador.

4.6 Implicações clínicas, éticas e operacionais

O estudo observou a Resolução CNS 466/2012 e a Declaração de Helsinque. Todos os participantes assinaram TCLE antes da coleta. O protocolo foi aprovado pelo

Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 73416123.8.0000.8108 - Número do Parecer: 6.571.782). Para reprodutibilidade, os materiais do simulador UV (lista de materiais, esquema Arduino e sketch), o questionário pré/pós, o checklist procedural e os scripts de análise (R/Python) podem ser disponibilizados mediante solicitação ao autor correspondente.

A implicação clínica e operacional mais relevante é a viabilidade da substituição. O modelo da Faculdade de Vassouras atinge o objetivo de ser uma alternativa válida e eficiente ao simulador comercial Laerdal, especialmente ao se considerar a diferença de custo e a acessibilidade de um dispositivo desenvolvido localmente. A maior consistência no desempenho dos alunos com o modelo FV sugere que ele é robusto para garantir um treinamento uniforme.

Do ponto de vista de custo, o simulador da Faculdade de Vassouras, por ser uma invenção local construída com plataforma livre Arduino e materiais acessíveis, como silicone líquido, massa epóxi e tecido têxtil, tende a ser presumivelmente mais econômico do que a solução comercial da Laerdal. Essa característica aumenta sua atratividade para instituições com orçamentos limitados, como muitas faculdades e hospitais públicos no Brasil, que frequentemente enfrentam dificuldades para adquirir simuladores importados de alto custo.

Em relação ao risco, considera-se que ambos os modelos apresentam risco baixo, uma vez que seu uso se restringe ao ambiente de simulação, sem contato direto com pacientes. Além disso, o emprego de hardware e software livres no modelo da FV torna os processos de manutenção, atualização e adaptação mais simples e menos dependentes de fornecedores externos, favorecendo a sustentabilidade do uso do dispositivo a longo prazo.

No que se refere às barreiras à adoção em larga escala, a principal limitação identificada diz respeito à necessidade de padronização do protótipo, bem como à obtenção de certificações regulatórias, tais como aquelas emitidas por órgãos como ANVISA e cumprimento de normas técnicas da ABNT, além da estruturação de um modelo de produção em escala. Esses elementos constituem etapas indispensáveis para que o simulador desenvolvido possa ser incorporado de forma mais ampla em serviços de saúde e instituições de ensino em todo o país.

Resultados

5 RESULTADOS

5.1 Tempo de execução da traqueostomia

A análise do tempo de execução da traqueostomia evidenciou, no grupo Vassouras, a presença de um valor atípico (outlier) de 06:58. Este valor se distanciou expressivamente dos demais tempos registrados, motivo pelo qual foi analisado o impacto de sua presença e, posteriormente, realizada a análise com e sem esse registro. A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas do tempo de execução do procedimento em cada simulador, considerando ambas as situações.

Tabela 1 – Tempo de execução da simulação, com e sem valor atípico

Situação	Simulador	n	Tempo médio (min:seg)	Desvio-padrão (min:seg)	Coefficiente de variação (%)
Com valor atípico	Vassouras	30	03:01:28	00:51:42	28,49
	Laerdal	37	02:50:10	00:34:11	20,09
Sem valor atípico	Vassouras	29	02:53:19	00:26:29	15,28
	Laerdal	37	02:50:10	00:34:11	20,09

Fonte: elaboração própria.

Observa-se que, quando incluído o valor atípico, o simulador Laerdal apresentou menor variabilidade (coeficiente de variação de 20,09%) em comparação ao modelo da Faculdade de Vassouras (28,49%). Após a remoção do outlier, o coeficiente de variação do modelo Vassouras reduziu-se para 15,28%, passando a indicar maior consistência no tempo de execução do procedimento em relação ao simulador Laerdal (que se manteve com CV de 20,09%).

Do ponto de vista inferencial, a comparação dos tempos médios entre os simuladores por meio do teste F (para avaliar a homogeneidade das variâncias) e do teste t de Student para amostras independentes não evidenciou diferença estatisticamente significativa entre os tempos médios de execução da traqueostomia nos modelos Laerdal e Faculdade de Vassouras, tanto na análise com o valor atípico quanto na análise ajustada ($\alpha = 0,05$).

5.2 Ganho de conhecimento autorrelatado (pré-teste x pós-teste)

O impacto do treinamento sobre a percepção de conhecimento e segurança em traqueostomia foi avaliado por meio da comparação das respostas à questão central: Pré Q1e Pós Q1. As respostas foram recodificadas em escala ordinal de 1 a 4 (1 = Nulo/Não seguro; 4

= Sólido/Seguro). Tanto no grupo Laerdal quanto no grupo Vassouras, observou-se deslocamento das frequências das categorias inferiores (1 e 2) para as categorias superiores (3 e 4) após o treinamento. Em termos numéricos, o teste qui-quadrado de homogeneidade indicou que houve mudança significativa na distribuição das respostas entre o pré e o pós-teste para ambos os simuladores ($p < 0,05$). A Tabela 2 sintetiza os principais resultados desses testes.

Tabela 2 – Teste qui-quadrado e medida de efeito (V de Cramer) para o ganho de conhecimento percebido (Pré Q1 x Pós Q1), por simulador

Simulador	Teste	χ^2	V de Cramer	Interpretação
Laerdal	Qui-quadrado (pré x pós)	47,303	0,8531	Mudança significativa; efeito muito forte
Faculdade de Vassouras	Qui-quadrado (pré x pós)	46,562	0,7986	Mudança significativa; efeito forte

Fonte: elaboração própria.

Os valores de V de Cramer evidenciam que: o simulador Laerdal apresentou efeito muito forte de mudança na percepção de conhecimento; e o simulador da Faculdade de Vassouras apresentou efeito forte, também com ganho expressivo. Esses achados indicam que ambos os modelos foram pedagogicamente eficazes na promoção de aprendizado autorrelatado em traqueostomia, com impacto de grande magnitude em termos de mudança de percepção.

5.3 Comparação ordinal do nível de conhecimento e diferenças entre simuladores

Nessa análise os resultados apontaram que tanto no grupo Laerdal quanto no grupo Vassouras, houve deslocamento positivo significativo dos escores no pós-teste, confirmando o aumento do nível de conhecimento/segurança autorrelatado após o treinamento; e na comparação dos escores do pós-teste entre os simuladores, observou-se uma diferença discreta a favor do Laerdal, com rank médio ligeiramente superior, indicando um impacto marginalmente mais intenso no grupo que treinou com o simulador comercial. Essas informações estão resumidas na Tabela 3.

Tabela 3 – Síntese dos resultados do teste de Mann–Whitney U para o nível de conhecimento (escore 1–4)

Comparação	Resultado geral	Interpretação
Pré x Pós – Laerdal	Deslocamento positivo significativo	Aumentou o nível de conhecimento/segurança após o treinamento
Pré x Pós – Vassouras	Deslocamento positivo significativo	Também aumentou o nível de conhecimento/segurança
Pós – Laerdal x Pós – Vassouras	Diferença discreta a favor do Laerdal	Ambos eficazes; Laerdal com efeito marginalmente mais intenso

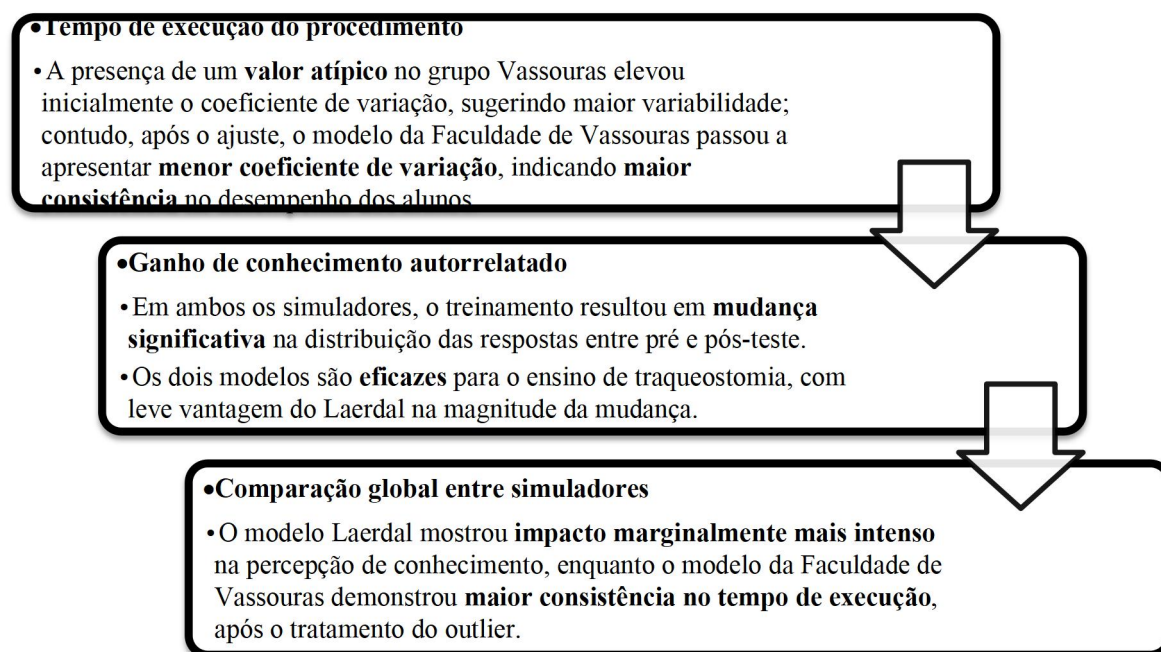
Fonte: elaboração própria.

Apesar dessa pequena vantagem ordinal do Laerdal, o conjunto da análise (qui-quadrado, V de Cramer e Mann–Whitney) mostra que os dois simuladores promoveram ganhos consistentes, com magnitudes altas de efeito em termos educacionais.

5.4 Síntese dos Resultados e Validação

Com base nas análises apresentadas, é possível sintetizar os principais achados do estudo:

Figura 6 – Síntese dos Resultados



Fonte: elaboração própria.

A validação do simulador de traqueostomia desenvolvido pela Faculdade de Vassouras, em comparação com o manequim comercial da Laerdal, insere-se em um movimento mais amplo de expansão da simulação em saúde, especialmente em habilidades de via aérea e procedimentos críticos. Diversos estudos recentes têm demonstrado que a simulação contribui de forma significativa para o desenvolvimento de competências cognitivas, psicomotoras e atitudinais em cenários de urgência, incluindo manejo de via aérea difícil, cricotireoidostomia e emergências otorrinolaringológicas.

Um aspecto deste trabalho é a discussão sobre custo, acessibilidade e inovação local. Simuladores comerciais de alta fidelidade, como muitos modelos da própria Laerdal, têm custo elevado e são pouco acessíveis para instituições públicas e escolas médicas em regiões com restrição orçamentária. Estudos em outras áreas de habilidades técnicas, como broncoscopia e ressuscitação cardiopulmonar, mostram que simuladores de baixo custo, incluindo modelos impressos em 3D e protótipos desenvolvidos com materiais simples, podem alcançar realismo suficiente para o treinamento inicial, com custo significativamente menor que as alternativas comerciais.

Neste estudo, o simulador desenvolvido pela Faculdade de Vassouras utiliza plataforma Arduino e materiais como silicone, massa epóxi e tecido sintético, o que o aproxima de iniciativas de baixo custo e alta reprodutibilidade descritas na literatura. Ao mesmo tempo, o uso de hardware e software livres facilita a manutenção, a customização de cenários e a eventual atualização tecnológica, reduzindo a dependência de fornecedores externos. Dessa forma, a combinação de bom desempenho educacional, consistência aceitável e menor custo torna o modelo da FV particularmente adequado a escolas médicas e serviços de saúde que desejam ampliar a oferta de treinamento em traqueostomia sem demandar grandes investimentos.

A análise comparativa dos custos evidencia que o protótipo desenvolvido pela Universidade de Vassouras apresentou valor estimado de R\$ 2.400,00, enquanto o simulador comercial de referência apresentou custo de R\$ 4.500,00. Isso corresponde a uma diferença absoluta de R\$ 2.100,00, indicando que o modelo comercial possui custo aproximadamente 1,88 vez superior ao do protótipo local. Em termos proporcionais, o simulador desenvolvido neste estudo representa cerca de 53,3% do valor do equipamento comercial, o que equivale a uma economia aproximada de 46,7%. Esses dados reforçam a viabilidade econômica do dispositivo desenvolvido, especialmente para instituições de ensino que necessitam ampliar o treinamento prático com menor impacto orçamentário.

Tabela 4 – Comparação de custo entre o simulador comercial de referência e o protótipo desenvolvido pela Universidade de Vassouras

Modelo	Valor (R\$)	Diferença absoluta (R\$)	Relação de custo
Protótipo UV	2.400,00	—	1,00
Simulador comercial de referência	4.500,00	2.100,00	1,88

Fonte: elaboração própria com base na planilha de custo do protótipo e no valor unitário informado no documento de referência do simulador comercial.

Quando esses achados econômicos são interpretados em conjunto com os resultados pedagógicos já apresentados, observa-se que o simulador desenvolvido localmente não apenas promoveu ganho significativo de conhecimento autorrelatado, como também demonstrou desempenho temporal semelhante ao do modelo comercial e maior consistência após o tratamento do valor atípico. Desse modo, a validação do protótipo não se sustenta apenas por sua funcionalidade técnica, mas também por sua capacidade de associar efetividade educacional, acessibilidade financeira e potencial de replicação institucional.

5.5 Discussão dos Resultados

A literatura aponta que o treinamento baseado em simulação é superior ou pelo menos comparável ao ensino tradicional (aulas expositivas, demonstrações sem prática estruturada) no ensino de manejo de via aérea. A metanálise de Sun et al. (2017), por exemplo, mostrou que a simulação melhora o desempenho de estudantes e residentes em habilidades de intubação e manejo de via aérea, tanto em avaliações simuladas quanto em desfechos clínicos intermediários. Embora esse estudo seja anterior ao recorte de cinco anos, ele consolida a base teórica que justifica a adoção de cenários simulados como etapa fundamental na formação em procedimentos de alto risco.

Mais recentemente, trabalhos em otorrinolaringologia e emergências em cabeça e pescoço reforçam que a simulação, especialmente quando combinada a metodologias híbridas (aula + prática), potencializa conhecimentos e habilidades em situações como traqueostomia de urgência, epistaxe grave e passagem de sonda nasogástrica. Nesse sentido, os resultados desta pesquisa, ao demonstrar ganho significativo de conhecimento autorrelatado após o treinamento com ambos os simuladores, estão em consonância com a tendência internacional de incorporar a simulação como componente estruturante da formação em via aérea.

Os achados desta pesquisa mostram que tanto o simulador Laerdal quanto o modelo da Faculdade de Vassouras produziram ganho significativo de conhecimento

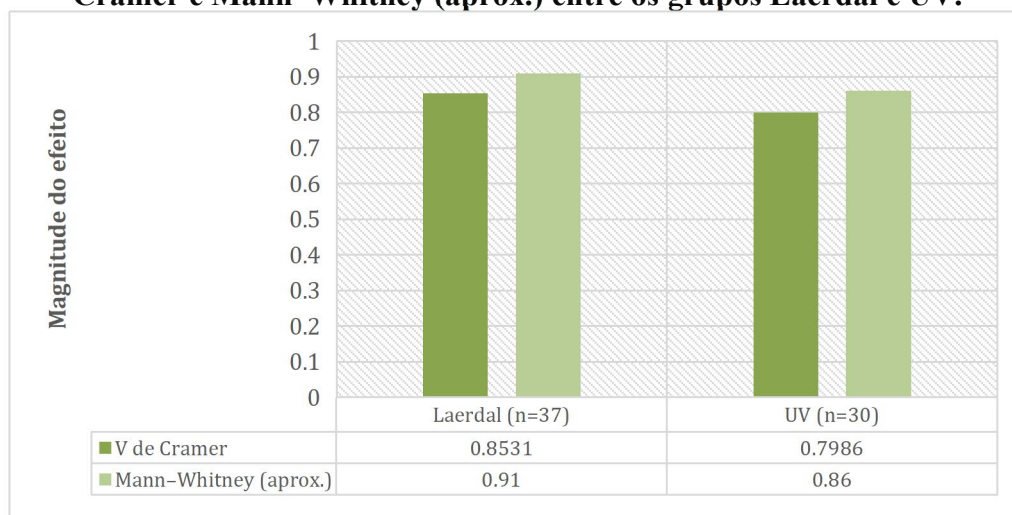
percebido, com valores de qui-quadrado elevados e medidas de efeito de magnitude forte ou muito forte (V de Cramer). Em termos práticos, isso significa que, independentemente do equipamento utilizado, o simples fato de o estudante participar de um treinamento estruturado em simulação já gera impacto educacional relevante.

Essa constatação converge com estudos que comparam diferentes formatos ou níveis de fidelidade em simulação. Em trabalho recente, Lejus-Bourdeau et al. (2023) compararam um simulador pediátrico de alta fidelidade com uma alternativa de baixo custo para treinamento de via aérea difícil e não encontraram diferenças significativas em qualidade percebida, habilidades não técnicas e impacto educacional a curto e médio prazo, sugerindo que simuladores de menor custo podem ser alternativas válidas em educação médica continuada.

Nesse contexto, a pequena vantagem observada no V de Cramer a favor do Laerdal pode ser interpretada com cautela: ela indica um ganho marginalmente mais intenso na magnitude da mudança, mas não invalida o fato de que o modelo local cumpriu o objetivo principal de elevar significativamente o nível de conhecimento percebido dos estudantes. No relatório técnico, essa discussão pode ser reforçada com uma figura comparando os valores de V de Cramer e, eventualmente, com um gráfico de barras agrupadas contrastando a distribuição das respostas nas quatro categorias de conhecimento, por simulador, no pós-teste (Figura 3).

A análise ordinal pelo Mann–Whitney U corroborou que a intensidade do ganho foi ligeiramente maior no Laerdal ($\approx 0,91$) do que no UV ($\approx 0,86$), evidenciando uma transição clara das categorias inferiores (“pouco/nenhum”) para as superiores (“intermediário/sólido”). Esses achados estão sumarizados e comparados na Figura 7 (magnitudes do efeito).

Figura 7 - Ganho de conhecimento: magnitudes do efeito (pré vs. pós) comparando V de Cramer e Mann–Whitney (aprox.) entre os grupos Laerdal e UV.

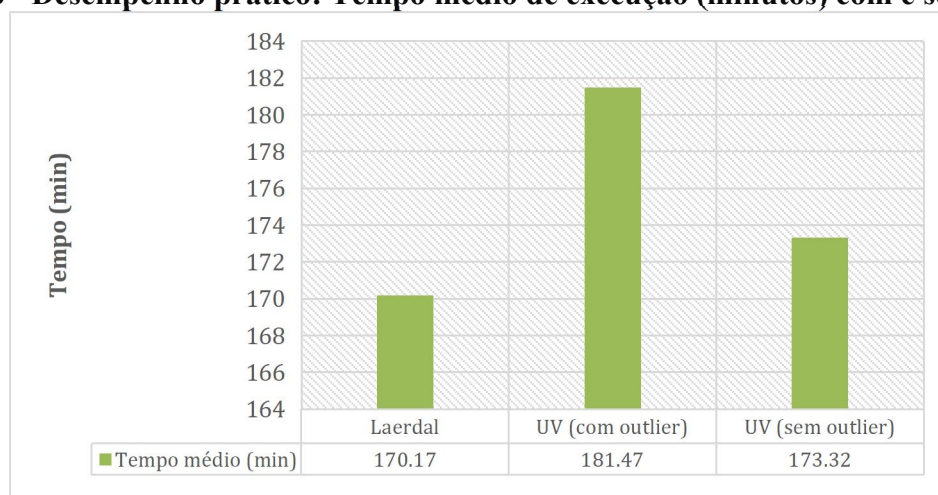


Fonte: elaboração própria.

No desempenho prático, a análise do tempo de execução identificou um valor atípico (06:58) no grupo UV. Considerando as estatísticas com e sem esse outlier, os tempos médios foram semelhantes entre os simuladores e não diferiram estatisticamente (teste t para amostras independentes; $\alpha=0,05$). Com o outlier, as médias foram 03:01:28 (UV) e 02:50:10 (Laerdal), com desvios-padrão de 00:51:42 e 00:34:11, respectivamente; sem o outlier, a média do UV foi 02:53:19 (DP=00:26:29), enquanto o Laerdal manteve 02:50:10 (DP=00:34:11).

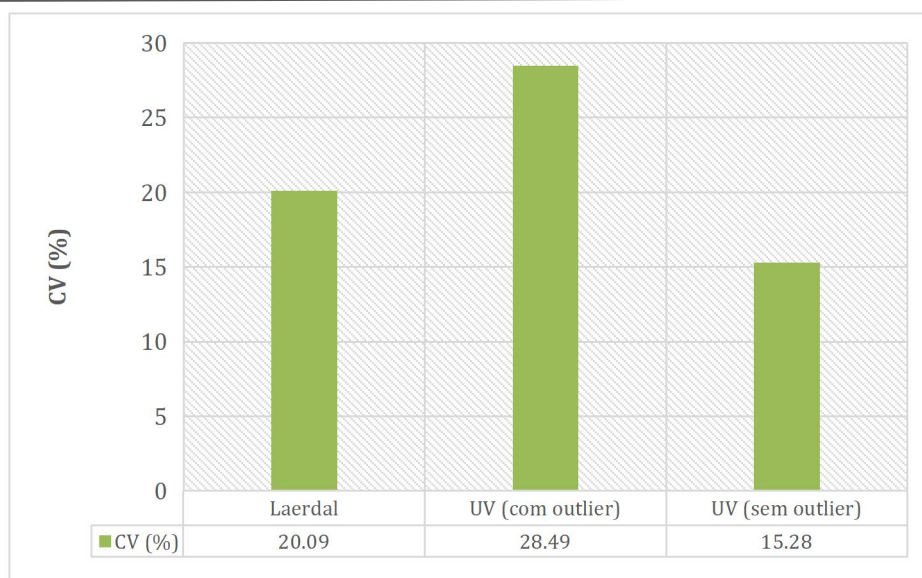
A consistência do desempenho, avaliada pelo coeficiente de variação (CV%), foi superior no UV após a remoção do outlier (15,28%), frente ao Laerdal (20,09%), indicando menor dispersão no simulador desenvolvido localmente.

Figura 8 - Desempenho prático: Tempo médio de execução (minutos) com e sem outlier



Fonte: elaboração própria.

Figura 9 – Consistência do desempenho



Fonte: elaboração própria.

Os resultados deste estudo mostram ganhos substanciais de conhecimento em traqueostomia com dois simuladores de naturezas distintas, convergindo com evidências recentes de que currículos baseados em simulação elevam conhecimento, autoconfiança e competências operacionais em cuidados de traqueostomia (McCoy et al., 2022; Tiu et al., 2022). Em profissionais e cuidadores, programas híbridos (on-line + prática supervisionada) ou com “return demonstration” têm produzido incrementos consistentes de conhecimento/autoeficácia — e, em alguns contextos, associação com desfechos clínicos como menor readmissão por queixas respiratórias (Bergman et al., 2024; Fain et al., 2025; Tiu et al., 2022).

Em linha com esses achados, no presente estudo o Laerdal apresentou efeito marginalmente mais intenso (V de Cramer e medida ordinal) enquanto o simulador UV mostrou maior consistência (CV%) no tempo de execução após análise de sensibilidade sem o outlier. Na literatura, diferenças modestas nas magnitudes de efeito entre plataformas de simulação são esperáveis e tendem a ser “absorvidas” quando o desenho instrucional inclui prática deliberada, feedback estruturado e avaliação formativa, elementos que reduzem variância entre aprendizes e favorecem padronização (Benjamin et al., 2022; McCoy et al., 2022). Em outras palavras, além do dispositivo, o como se treina (microtarefas, repetição programada, feedback objetivo) explica boa parte do ganho e da homogeneização do desempenho.

Quanto à viabilidade e custo-efetividade, nossos dados sustentam que um modelo local baseado em materiais acessíveis e eletrônica aberta (ex.: Arduino) pode entregar ganhos educacionais altos com tempo médio semelhante ao do simulador comercial, vantagem prática

quando o objetivo institucional é ampliar escala de treinamento. Essa direção aparece com força na literatura recente: task trainers low-cost/3D-printed têm demonstrado não-inferioridade educacional para habilidades de via aérea e ORL, com validações de conteúdo/face/construct e adoção em currículos implantáveis (Epperson et al., 2024; Mk et al., 2023; Moore et al., 2025; Silva et al., 2025; Yang et al., 2024). Isso sugere que acessibilidade e desempenho educacional não são objetivos mutuamente excludentes, desde que haja validação mínima e alinhamento pedagógico do uso (cenários, objetivos, avaliação).

No eixo transferência para a prática, a evidência é promissora, porém heterogênea. Estudos mostram melhora robusta e sustentada em experiência do cuidador (até 4 anos), mas efeitos variáveis sobre visitas ao pronto-socorro, reinternações e mortalidade relacionadas à traqueostomia (Bergman et al., 2024; Fain et al., 2025). Em contrapartida, programas estruturados de simulação em serviços hospitalares relataram redução de readmissões respiratórias (Wise et al., 2023), indicando que resultados sistêmicos podem depender do arranjo institucional (ex.: pathways de alta, tele-apoio, prontidão de serviços) e do seguimento longitudinal após o treinamento inicial.

Outro aprendizado de projetos contemporâneos é que diferentes modalidades curriculares (presencial, virtual síncrono, módulos on-line) podem atingir ganhos comparáveis em conhecimento e confiança quando bem desenhadas, inclusive em ensaios controlados para residentes de Pediatria (Brenner et al., 2024). Além disso, ensaios randomizados recentes estão comparando simulador vs. aplicativo móvel para educação de cuidadores com desfechos como autoeficácia/ansiedade, ampliando a discussão sobre ecossistemas de aprendizagem que incorporam aplicativos e tele-simulação (mannequin-based vs. smartphone app) (Bahramnezhad et al., 2024).

Em consonância com essa agenda de acessibilidade e rigor pedagógico, evidências brasileiras recentes reforçam a viabilidade de modelos locais com validação formal. Anselmo et al. (2024) criaram e validaram (face e conteúdo) um simulador realístico para cistostomia suprapúbica, envolvendo especialistas para julgar realismo anatômico e utilidade didática; o estudo reportou escores elevados de realismo/adequação e discutiu materiais acessíveis e replicabilidade, sugerindo que soluções de baixo custo conseguem alcançar padrões de validade compatíveis com usos curriculares. Essa experiência nacional dialoga diretamente com nossos achados: um dispositivo local, quando acompanhado de desenho instrucional e avaliação sistemática, pode oferecer ganhos educacionais robustos e consistentes, como observado no simulador da UV com alto efeito de aprendizagem e menor dispersão temporal.

Em reforço à viabilidade pedagógica de modelos locais para treinamento procedimental, a experiência de Paixão et al. (2021) descreve a concepção de um manequim

cirúrgico como recurso didático para médicos residentes e detalha seu uso no ensino de técnicas iniciais de videocirurgia, com ênfase em materiais acessíveis e replicabilidade em serviço hospitalar. O estudo ilustra como soluções de baixo custo podem sustentar práticas de ensino estruturadas, dialogando com nossos achados de que um dispositivo local, quando acompanhado de desenho instrucional e avaliação sistemática, alcança ganhos educacionais robustos e consistentes

Em alinhamento com a nossa proposta de acessibilidade e rigor pedagógico, uma revisão de escopo brasileira mapeou evidências sobre simuladores de baixo custo na capacitação de profissionais de saúde e concluiu que esses modelos são viáveis, replicáveis e capazes de sustentar resultados educacionais relevantes em conhecimento, habilidades e autoeficácia, quando associados a desenho instrucional e avaliação estruturada (Diogenes et al., 2025). Esses achados reforçam a interpretação de que o simulador desenvolvido pela UV, baseado em materiais acessíveis e microcontrolador aberto, pode entregar desempenho não inferior em aprendizado e consistência quando comparado a um comercial, ao mesmo tempo em que amplia escalabilidade e acesso.

Finalmente, vale situar o simulador UV no espectro de fidelidade funcional. Há crescente interesse por fantasmas hiper-realistas e VR para via aérea (e.g., cricotireoidostomia, difícil via aérea), mas as revisões em ORL e educação em enfermagem ressaltam que fidelidade elevada nem sempre se traduz em melhores desfechos educacionais do que task trainers bem desenhados de menor custo, desde que o currículo e a avaliação sejam robustos (Jain et al., 2025; La Cerra et al., 2019; Mk et al., 2023). Desse modo, a robustez pedagógica (objetivos, prática deliberada, métricas de desempenho) tende a ser determinante para o valor do simulador, e não apenas seu grau de fidelidade física.

Dentre as implicações práticas, temos: (i) Programas com prática deliberada e feedback objetivo (checklists/tempo/erro) provavelmente maximizam ganhos e reduzem dispersão entre aprendizes, o que dialoga com o CV% menor observado no UV. (ii) Adoção de soluções locais pode ampliar acesso sem perda de efetividade, importante para capacitação em larga escala. (iii) Para sustentar a transferência clínica, recomenda-se articular o treinamento com protocolos institucionais (pathways de TRE, tele-follow-up, materiais para cuidadores).

Nossos resultados se baseiam, em parte, em medidas autorrelatadas de conhecimento; estudos futuros devem incorporar métricas objetivas (OSCE com avaliadores cegos, sensores/telemetria, taxas de erro) e seguimento de retenção/transferência clínica (ex.: TREs evitadas, tempo para intervenção)(Bergman et al., 2024; Fain et al., 2025). A padronização do critério de outlier e a divulgação de análises de sensibilidade (com/sem

outlier) são boas práticas para consolidar a validade dos achados. Por fim, faltam análises econômicas comparativas (custo total de propriedade, custo/hora de treino) entre modelos comerciais e locais/abertos em ambientes reais de ensino.

5.6 Limitações do estudo e implicações para pesquisas futuras

Algumas limitações devem ser reconhecidas para que os resultados sejam interpretados com cautela. Em primeiro lugar, a avaliação de conhecimento baseou-se em respostas autorrelatadas, captando a percepção dos estudantes sobre seu próprio domínio do conteúdo, e não uma medida objetiva de desempenho prático pós-treinamento (como checklists de habilidades ou escalas de OSCE). Essa limitação é frequente em estudos de validação inicial de simuladores e já foi apontada em outras pesquisas com protótipos de baixo custo.

Em segundo lugar, o estudo trabalhou com uma amostra específica de estudantes de uma única instituição, o que restringe a generalização dos achados para outros contextos. Fatores como experiência prévia, exposição anterior a procedimentos de via aérea e perfil curricular podem modificar o impacto da simulação em diferentes cenários. Além disso, aspectos técnicos dos manequins (como desgaste de materiais, resistência dos planos de tecido e estabilidade da base) podem ter influenciado de maneira sutil o tempo de execução e a percepção de realismo, sem terem sido diretamente mensurados.

Como desdobramento, futuros estudos podem: incorporar instrumentos objetivos de avaliação de desempenho, como checklists de passos da traqueostomia, tempo até a ventilação efetiva e taxa de erros críticos; comparar o simulador da Faculdade de Vassouras com outros modelos de baixo custo, impressos em 3D ou híbridos (físico + realidade virtual), à semelhança de iniciativas recentes em broncoscopia e treinamento de traqueostomia pediátrica em ambientes virtuais e avaliar o impacto longitudinal do treinamento, examinando retenção de habilidades após alguns meses, à luz de trabalhos que mostram manutenção de ganhos em habilidades de via aérea após sessões de simulação repetidas.

Outra limitação metodológica importante foi a não realização de uma avaliação prática estruturada do tipo Objective Structured Clinical Examination, com checklist padronizado e avaliadores independentes. Embora o estudo tenha registrado o tempo de execução do procedimento e demonstrado ganho de conhecimento autorrelatado após o treinamento, a ausência de uma medida objetiva de desempenho prático limita a robustez da inferência sobre a replicabilidade técnica dos resultados. Assim, ainda que o simulador tenha

se mostrado promissor como ferramenta educacional, recomenda-se que estudos futuros incorporem estações práticas com critérios objetivos de acerto, erro, sequência procedural e desempenho interavaliadores, a fim de fortalecer a validade externa e a reprodutibilidade dos achados.

Apesar dessas limitações, os resultados permitem afirmar que o simulador de traqueostomia desenvolvido pela Faculdade de Vassouras alcançou o objetivo de se mostrar educacionalmente eficaz e operacionalmente viável, apresentando desempenho comparável ao modelo comercial da Laerdal e se configurando como alternativa relevante para contextos que demandam soluções de menor custo e maior autonomia tecnológica.

Conclusão

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo validar a aplicabilidade do simulador de traqueostomia desenvolvido pela Faculdade de Vassouras, em parceria com alunos da UNIFAGOC, tomando como referência o desempenho de um simulador comercial amplamente utilizado, o modelo da empresa Laerdal. A proposta partiu da necessidade de ampliar o acesso a recursos de simulação em saúde em contextos nos quais o custo de equipamentos importados representa importante barreira para a formação prática de estudantes e profissionais.

Os resultados obtidos indicaram que o simulador desenvolvido pela Faculdade de Vassouras cumpriu o propósito de se configurar como uma alternativa viável e eficiente ao modelo comercial. Em termos de aprendizado, ambos os simuladores promoveram ganho significativo de conhecimento percebido em traqueostomia, com mudança expressiva nas categorias de autopercepção de domínio do conteúdo entre o pré e o pós-teste. Ainda que o modelo Laerdal tenha apresentado efeito marginalmente mais intenso, o simulador da Faculdade de Vassouras também gerou impacto forte e consistente, confirmando sua capacidade pedagógica para o ensino desse procedimento.

Do ponto de vista financeiro, o simulador desenvolvido localmente mostrou-se mais acessível que o modelo comercial de referência, com custo de produção correspondente

a pouco mais da metade do valor do equipamento comparador, o que reforça sua viabilidade para adoção institucional em contextos de restrição orçamentária.

No eixo do desempenho temporal, a análise do tempo de execução da traqueostomia revelou médias semelhantes entre os dois modelos, sem diferença estatisticamente significativa entre os simuladores. A presença de um valor atípico no grupo que utilizou o modelo da Faculdade de Vassouras elevou inicialmente a variabilidade dos dados, mas, após o tratamento desse ponto extremo, o simulador desenvolvido localmente passou a apresentar maior consistência nos tempos de execução, com coeficiente de variação inferior ao observado no modelo Laerdal. Isso reforça que, além de permitir a realização do procedimento em tempo comparável ao do simulador comercial, o protótipo da Faculdade de Vassouras favorece uma distribuição mais homogênea do desempenho entre os alunos.

À luz dos objetivos específicos, todos os passos previstos foram contemplados: foi selecionado e treinado um grupo de alunos para utilização do simulador; o funcionamento do dispositivo foi explicado e demonstrado; a utilização do modelo foi observada em situação de simulação; foram aplicados questionários pré e pós-teste para avaliação da percepção de conhecimento; as necessidades de ajustes e aperfeiçoamentos do protótipo foram identificadas a partir da vivência prática e das análises estatísticas; e, por fim, foi elaborado o relatório de validação, compilando os dados quantitativos e as observações qualitativas do processo.

Em relação às perguntas de pesquisa, os achados permitem concluir que:

a) o simulador da Universidade de Vassouras foi eficaz em promover aumento de conhecimento em traqueostomia, em nível comparável ao modelo comercial da Laerdal;
b) não houve diferença estatisticamente significativa entre os tempos médios de execução do procedimento nos dois simuladores;

c) a consistência no tempo de execução, após o tratamento do valor atípico, favoreceu o modelo desenvolvido pela Faculdade de Vassouras;

d) o simulador da Faculdade de Vassouras pode, portanto, ser considerado uma alternativa viável e eficiente ao simulador Laerdal para o treinamento de traqueostomia em ambiente acadêmico.

Do ponto de vista prático, os resultados indicam que instituições de ensino e serviços de saúde podem se beneficiar da adoção de simuladores desenvolvidos localmente, baseados em materiais acessíveis e em plataformas abertas, sem comprometer a qualidade do treinamento. A possibilidade de replicação, adaptação e manutenção desses dispositivos, aliada ao desempenho educacional satisfatório constatado nesta pesquisa, abre caminho para a ampliação da cultura de simulação em contextos com recursos limitados, contribuindo para a qualificação da formação em procedimentos críticos de via aérea.

Por outro lado, algumas limitações devem ser reconhecidas. A avaliação de conhecimento baseou-se em medidas autorrelatadas, e não em instrumentos objetivos de desempenho prático, o que restringe a interpretação dos resultados ao campo da percepção dos alunos. A amostra foi composta por estudantes de uma única instituição, o que limita a generalização para outros cenários. Além disso, variáveis como experiência prévia, nível de ansiedade e características técnicas finas de cada simulador não foram controladas de forma sistemática.

Como perspectivas para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos que incorporem checklists objetivos de habilidades, avaliações práticas estruturadas e seguimento em médio prazo, a fim de verificar a retenção do aprendizado. Sugere-se também comparar o simulador da Faculdade de Vassouras com outros modelos de baixo custo e explorar sua utilização em programas de educação permanente para profissionais, em diferentes níveis de atenção à saúde. Tais desdobramentos podem consolidar, de maneira ainda mais robusta, o papel desse simulador como ferramenta estratégica para o ensino de traqueostomia e para o fortalecimento da segurança do paciente.

Referências Bibliográficas

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHARBI, Ali *et al.* The effectiveness of simulation-based learning (SBL) on students' knowledge and skills in nursing programs: a systematic review. **BMC Medical Education**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 1099, 2024.
- ALONSO-PEÑA, Marta; ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Carmen. Clinical simulation in health education: a systematic review. **Investigación y Educación en Enfermería**, [s. l.], v. 41, n. 2, 2023. Disponível em: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iee/article/view/353987>. Acesso em: 8 nov. 2025.
- ANDO, Koichi *et al.* Educational Effects of Simulation and Non-Simulation Training in Airway Management according to Levels of the Kirkpatrick Model: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. **Journal of Clinical Medicine**, [s. l.], v. 11, n. 19, p. 5614, 2022.
- ANSELMO, Christophe Bezerra *et al.* Criação e validação de face e conteúdo de simulador realístico para treinamento de cistostomia suprapúbica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. e095, 2024.
- BAHRAMNEZHAD, Fatemeh *et al.* A Randomized Controlled Trial Comparing the Effect of Tracheostomy Training using Mannequin-Based Simulation and Smartphone Application on Self-Efficacy and Anxiety of Caregivers. **Home Healthcare Now**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 161–167, 2024.
- BAYRAM, Şüle; ÇALIŞKAN, Nurcan. Mobile Serious Game on Nursing Students' Knowledge, Motivation, Satisfaction, and Views: Tracheostomy Care Example. **Journal of Innovative Healthcare Practices**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 118–129, 2023.
- BENJAMIN, J. C. *et al.* Tracheostomy Change Training Using a Virtual Deliberate Practice Module. **ATS Scholar**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 215–228, 2022.
- BERGMAN, Charles M. *et al.* Sim-Based Home Tracheostomy Care: A Mixed Methods Study on Outcomes and Parental Preparedness. **Hospital pediatrics**, [s. l.], v. 14, n. 4, 2024.
- BRENNER, M. J. *et al.* Using Data to Improve the Tracheostomy Patient and Caregiver Experience. **Tracheostomy**, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://tracheostomy.scholasticahq.com/article/123253-using-data-to-improve-the-tracheostomy-patient-and-caregiver-experience>.
- CONOVER, W. J.; IMAN, Ronald L. Rank Transformations as a Bridge Between Parametric and Nonparametric Statistics. **The American Statistician**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 124–129, 1981.
- COOK, D. A.; HATALA, R. Validation of Educational Assessments: A Primer for Simulation and Beyond. **Advances in Simulation**, [s. l.], v. 1, p. 31, 2016.
- DIOGENES, Raquel Ribeiro Lira *et al.* Tecnologia Educacional De Simulador De Baixo Custo Na Capacitação Do Profissional De Saúde: Revisão De Escopo. **Revista Contemporânea**, [s. l.], v. 5, n. 5, p. e8226, 2025.

- ELSHAMA, Said Said. How to apply Simulation-Based Learning in Medical Education?. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://zenodo.org/record/3685233>. Acesso em: 29 nov. 2025.
- EPPERSON, M. V. *et al.* A Deployable Curriculum and 3D-Printed Skills Trainers for Airway Management Training in Low-Resource Settings. **BMC Medical Education**, [s. l.], v. 24, p. 165, 2024.
- FACHIN, Odilia. **Fundamentos de Metodologia**. 5ª edição. São Paulo (SP): Saraiva, 2013.
- FAIN, Mary Ellen *et al.* Outcomes of Children With Tracheostomy Before and After Implementing Caregiver Simulation-Based Tracheostomy Education. **Otolaryngology–Head and Neck Surgery**, [s. l.], v. 173, n. 2, p. 497–504, 2025.
- JAIN, Saurabh *et al.* Design and Development of an Integrated Virtual Reality (VR)-Based Training System for Difficult Airway Management. **IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine**, [s. l.], v. 13, p. 49–60, 2025.
- LA CERRA, Carmen *et al.* Effects of high-fidelity simulation based on life-threatening clinical condition scenarios on learning outcomes of undergraduate and postgraduate nursing students: a systematic review and meta-analysis. **BMJ Open**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. e025306, 2019.
- MCCOY, K. *et al.* Pediatric Tracheostomy Care Simulation Training Improves Provider Comfort and Confidence. **Respiratory Care**, [s. l.], v. 67, n. 12, p. 1618–1628, 2022.
- MEIRELES, Maria Alexandra de Carvalho; FERNANDES, Cássia do Carmo Pires; SILVA, Lorena Souza e. Novas Diretrizes Curriculares Nacionais e a Formação Médica: Expectativas dos Discentes do Primeiro Ano do Curso de Medicina de uma Instituição de Ensino Superior. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 43, p. 67–78, 2019.
- MIRANDA, Fernanda Maria De *et al.* O emprego da metodologia de Kirkpatrick para avaliar a formação em enfermagem: uma revisão integrativa. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [s. l.], v. 33, p. e4431, 2025.
- MISHRA, Rakhi; HEMLATA; TRIVEDI, Divya. Simulation-based learning in nursing curriculum- time to prepare quality nurses: A systematic review and meta-analysis. **Heliyon**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. e16014, 2023.
- MK, Goutham *et al.* Simulation-based training in ear, nose and throat skills and emergencies. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, [s. l.], v. 89, n. 1, p. 144–151, 2023.
- MOORE, Ethan T. *et al.* Novel Low-Cost Open-Access 3D Printed Microlaryngeal Surgery Trainer. **The Laryngoscope**, [s. l.], p. lary.70250, 2025.
- MURAKAMI, Taku *et al.* The effectiveness of simulation-based education combined with peer-assisted learning on clinical performance of first-year medical residents: a case-control study. **BMC Medical Education**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 859, 2023.
- PAIXÃO, Alex Monteiro Leal Da *et al.* Manequim vídeo cirúrgico: recurso para o ensino de médicos residentes. **Revista Sustinere**, [s. l.], v. 9, p. 66–82, 2021.
- SALIBA, Thiago Victal; BARROS, Rui Sérgio Monteiro de. Development and validation of a 3D laryngeal model in surgical skills training. **Braz. j. otorhinolaryngol. (Impr.)**, [s. l.], p. 128–135, 2023.

- SHI, Jenny Y. *et al.* Pediatric Chronic Tracheostomy Care: An Evaluation of an Innovative Competency-Based Education Program for Community Health Care Providers. **Frontiers in Pediatrics**, [s. l.], v. 10, p. 885405, 2022.
- SILVA, Andréa Jorge *et al.* 3D printing of a low-cost videolaryngoscope for tracheal intubation. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 25183, 2025.
- SJÖBERG, Carina *et al.* Simulation-based learning in postgraduate critical care and anaesthesia nursing: an interview study from postgraduate nurses' perspectives. **BMC Nursing**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 816, 2025.
- TIU, R. A. Y. *et al.* A Tracheotomy Care Simulation Training Program for Inpatient Providers. **Laryngoscope Investigative Otolaryngology**, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 1491–1498, 2022.
- TONG, Lai Kun *et al.* The effects of simulation-based education on undergraduate nursing students' competences: a multicenter randomized controlled trial. **BMC Nursing**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 400, 2024.
- TRIOLA, Mario F. **Introdução à Estatística**. Rio De Janeiro, RJ: LTC, 2023.
- VAHEDNASIRI, Ahmad. Simulation-Based Clinical Education in The Operating Room: A Review Study. **Educational Research in Medical Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2024. Disponível em: <https://brieflands.com/journals/erms/articles/137775>. Acesso em: 29 nov. 2025.
- WISE, Amanda L *et al.* Utilization of Training Dolls to Enhance Caregiver Education for Pediatric Tracheostomy Care. **Respiratory Care**, [s. l.], v. 68, n. 12, p. 1631–1638, 2023.
- YANG, Shih-Hsing *et al.* Development of a Cost-Effective 3D-Printed Airway Suction Simulator for Respiratory Therapy Students. **Respiratory Care**, [s. l.], v. 69, n. 5, p. 549–556, 2024.

ANEXOS**Anexo A – Questionário de Validação****QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO DO MODELO DE TRAQUEOSTOMIA - GOOGLE FORMS****PRÉ TESTE**

- 1 - Qual a sua compreensão sobre o manejo de vias aéreas com a realização de traqueostomia?
 - a) Não tenho conhecimento técnico sobre o assunto
 - b) Tenho conhecimento básico
 - c) Tenho habilidade técnica

- 2 - Você conhece as indicações da realização de traqueostomia?
 - a) Sim
 - b) Não
 - c) Não tenho certeza

- 3 - Você acredita que o treinamento para realização de traqueostomia é importante para o manejo dos pacientes?
 - a) Sim
 - b) Não

- 4 - Você já recebeu algum treinamento prático para realização de traqueostomia?
 - a) Sim
 - b) Não

- 5 - Você já ouviu falar sobre a realização de traqueostomia em um contexto de urgência/emergência?
 - a) Sim
 - b) Não

- 6 - Você sabe realizar uma traqueostomia?
 - a) Sim
 - b) Não

- 7 - Na sua opinião, saber realizar uma traqueostomia em um contexto de emergência (quando indicado) melhora o desfecho clínico do paciente?
 - a) Sim
 - b) Não
 - c) Não tenho opinião formada

PÓS-TESTE

- 1 - Após o treinamento realizado, como você avalia o seu conhecimento sobre o assunto?
 - a) Adquiri um conhecimento sólido e me sinto mais confiante para aplicá-lo em situações reais
 - b) Melhorei meu conhecimento, mas ainda preciso de mais pratica
 - c) Sinto que ainda tenho muito a aprender

- 2- Após o treinamento prático, com uso do manequim, você se sente mais confiante para lidar com situações de emergência?
 - a) Sim
 - b) Não

- 3 - Você entende, agora, a técnica necessária para a realização de uma traqueostomia?
 - a) Sim
 - b) Não

- 4 - Você sabe realizar uma traqueostomia?
 - a) Sim
 - b) Não

- 5 - Como você avalia a eficácia do treinamento em realização de traqueostomia aplicado?
 - a) Muito Eficaz
 - b) Eficaz
 - c) Pouco Eficaz
 - d) Não sei avaliar

- 6 - Após o treinamento, você se sente capaz de identificar uma situação em que o uso da traqueostomia seria adequado?
 - a) Sim
 - b) Não
 - c) Ainda tenho algumas dúvidas

- 7 - Após o treinamento, você acredita que está apto a realizar corretamente uma traqueostomia em um situação de emergência?
 - a) Sim
 - b) Não

- 8 - Você considera o treinamento proposto relevante para a sua formação pessoal?
 - a) Sim, extremamente relevante
 - b) Sim, relevante
 - c) Não tenho opinião formada
 - d) Não considero relevante

- 9 - Como você classificaria a qualidade do treinamento prático em realização de traqueostomia?
 - a) Excelente
 - b) Bom
 - c) Regular
 - d) Ruim

10 - Você recomendaria esse treinamento a outras pessoas?

- a) Sim
- b) Não

11 - Existe algo que você gostaria de acrescentar ou comentar sobre esse treinamento?
