

Simulador de baixo custo para sangramento intra-abdominal

Low-cost simulator for intra-abdominal bleeding

CAMILA OLIVEIRA FERNANDES¹ ; LUCAS RIBEIRO RODRIGUES¹ ; MATTHEUS LUCCA BATISTA SILVA DO AMARAL¹ ; SARAH JESSICA DE MORAIS RODRIGUES¹ ; MARCOS ANTONIO MARTON-FILHO TCBC-SP² .

R E S U M O

Introdução: o treinamento em situações críticas em Cirurgia é determinante para o desfecho seguro. O uso de simuladores é bastante consolidado, embora muitos apresentem custos muito elevados, sendo necessária a busca de soluções financeiramente viáveis para os centros de treinamento. **Métodos:** construímos um simulador de sangramento intra-abdominal de baixo custo com materiais simples como tronco de manequim, tubos de látex, borracha de silicone e tecido impermeável, buscando representar vísceras abdominais e vasos e suas correlações anatômicas. Um sistema de tubos e equipos de soro permitiu o fluxo, sob pressão, de sangue simulado, que vertia livremente durante a simulação. Após a obtenção de modelo funcional, selecionamos cirurgias gerais para a validação do simulador e seu uso no ensino de Cirurgia. Utilizamos o Índice de Validação de Concordância (IVC), com corte de 0,9. **Resultados:** a construção do protótipo resultou em gasto de US\$71,00 em valores de 2021, destinados à aquisição dos diversos materiais necessários. Doze avaliadores participaram dos testes de validação. Os resultados obtidos dos questionários demonstraram uma boa avaliação em todos os itens, destacando-se o reconhecimento do vaso traumatizado, o acesso à lesão vascular, o controle hemostático por pressão direta assim como por sutura direta da lesão. **Conclusão:** o simulador proposto obteve bons resultados em cenários de sangramento abdominal de grandes vasos, assim como o controle hemostático do mesmo por pressão direta e sutura. Mostrou-se ferramenta útil para a adaptação a situações de estresse no treinamento em sangramentos intra-abdominais, além de manter baixo custo de construção.

Palavras-chave: Educação Médica. Treinamento com Simulação de Alta Fidelidade. Hemostasia Cirúrgica. Tecnologia de Baixo Custo.

INTRODUÇÃO

O sangramento no trauma é importante causa de morbimortalidade¹. O controle das hemorragias é desafio para cirurgiões, sendo importante causa de erros e mortes evitáveis². Diante da grande dificuldade de ensinar habilidades técnicas e controle emocional ao jovem cirurgião diante do grande sangramento abdominal, a utilização de simuladores é método válido e consolidado na educação médica. Dentre os simuladores, há opções diversas quanto à complexidade tecnológica, fidelidade, estrutura física ou virtual e custos associados à sua construção^{3,4}.

A instituição de práticas contínuas de simulação aliadas ao currículo teórico melhora o aprendizado, tanto de maneira subjetiva, ou seja, com estudantes relatando aprimoramento de suas habilidades operatórias, quanto de maneira objetiva³. Há diferentes modelos de simulação, alguns de alta tecnologia e complexidade que envolvem ferramentas virtuais, outros simuladores de performance humana, ambos são de alto custo e disponíveis apenas em grandes centros. Por outro lado, os simuladores de baixo custo (SBC) figuram como opção útil aos graduandos e aos centros de treinamento menores, pois reproduzem as condições cirúrgicas com maior acessibilidade⁵.

A prática no simulador proporciona a transmissão e aquisição de aspectos cognitivos, compostos por conhecimentos básicos fundamentais e por aspectos psicomotores, como gestos, técnicas e procedimentos. Isso permite o contato com cenários e procedimentos complexos e a autoavaliação de sua prática e proficiência. O treinamento de habilidades em relações interpessoais no aspecto da comunicação também pode constar dentre os objetivos da simulação⁶⁻⁸.

Buscamos descrever o desenvolvimento e validação de conteúdo de um simulador de sangramento intra-abdominal para treinamento de controle hemostático, de baixo custo, factível e reproduzível, para ensino e desenvolvimento de habilidades cirúrgicas.

MÉTODO

O modelo foi construído sobre um tronco de manequim adulto (72cm x 54cm) de material plástico. A parte anterior foi substituída por placa de material de acetato de vinila (E.V.A) somada a uma fina camada de esponja (72cm x 54cm), mimetizando pele e tecido subcutâneo, para permitir a incisão e acesso à cavidade.

1 - Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, Medicina - Ribeirão Preto - SP - Brasil 2 - Universidade de São Paulo, Medicina - Bauru - SP - Brasil

Construção do simulador

A fixação das estruturas no manequim se iniciou pelas estruturas retroperitoneais. Inicialmente toda a parte posterior do manequim foi recoberta por camada única de E.V.A. para evitar extravasamento de líquido durante as simulações. Os vasos foram confeccionados com tubos de látex (medidas: Ref. 203 - 9mm diâmetro externo, 6mm diâmetro interno) e distribuídos para representar aorta, veia cava, tronco celíaco, artérias mesentéricas superior e inferior, artérias e veias renais e artérias e veias ilíacas.

O sistema principal, em que efetivamente circulava sangue simulado, foi composto apenas pela veia cava e aorta, que eram os focos de sangramento nas simulações propostas, porém pode ser direcionado a qualquer desses vasos. No sistema arterial uma das extremidades do tudo de látex era ocluída e a outra acoplada a sistema com bolsa de soro de 1 litro preenchida de água com corante artificial vermelho ou sangue artificial, sobre a qual se exercia compressões ritmadas. No sistema venoso também uma das extremidades era ocluída e outra acoplada a frasco de soro de 1 litro, com fluxo determinado por gravidade. Os demais vasos apenas criavam realismo, porém não estavam preenchidos por líquido. A escolha se deu dada a dificuldade técnica na execução de múltiplas conexões e risco e vazamentos do sistema (Figura 1A).

Ainda no retroperitônio foram posicionados rins e pâncreas, ambos confeccionados em silicone. Os moldes foram obtidos a partir de modelos anatômicos comerciais. Os órgãos desses modelos foram isolados, imersos e blocos de gesso para formação do molde negativos e, depois de secos e retirados os modelos originais, preenchidos por silicone. Os modelos de silicone foram então fixados em sua posição anatômico (Figura 1B). A membrana peritoneal foi representada por uma fina malha de tecido semitransparente, isolando a cavidade peritoneal do retroperitônio.

Na sequência foram fixados os órgãos peritoneais – fígado, baço e estômago – com processo de confecção em silicone similar ao utilizado para pâncreas e rins (Figura 1C). Os intestinos foram confeccionados em malha de tecido sintético fino, com cores diferentes para delgado e grosso. Ambos foram preenchidos com

microesferas de isopor em pequena quantidade, para manter sua maleabilidade, permitindo fácil manipulação. Os intestinos foram fixados apenas em suas extremidades, sem presenta do mesentério, pois sua presença poderia dificultar a manipulação das estruturas e exigir maior manutenção do simulador (Figura 1D). Os órgãos são representados isoladamente na Figura 2.

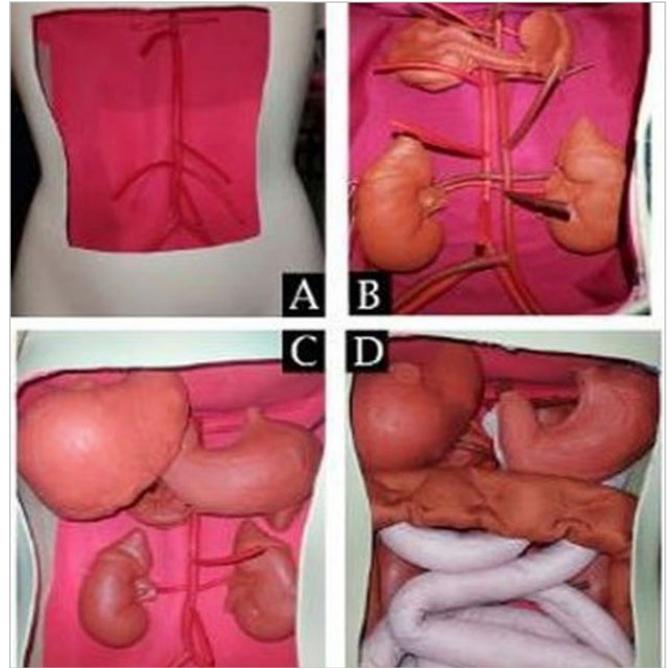


Figura 1. Fixação de estruturas ao simulador: vasos sanguíneos (A); órgãos retroperitoneais (B); fígado e estômago (C) e intestinos (D).

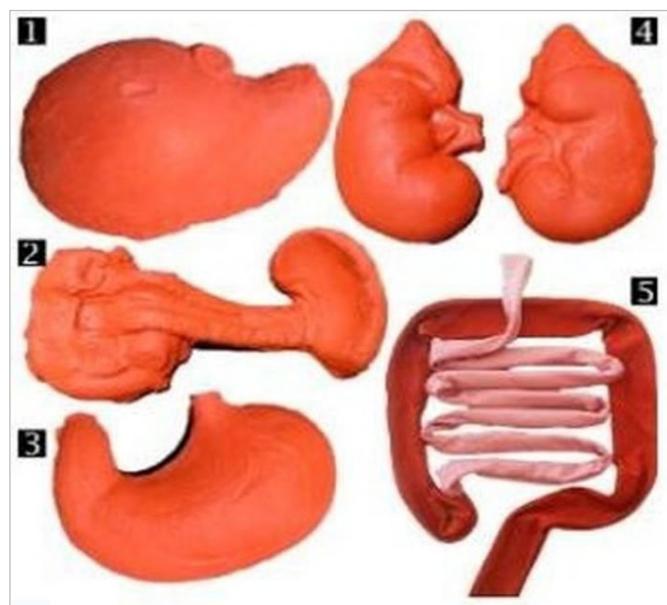


Figura 2. Órgãos confeccionados: fígado (1), pâncreas e baço (2), estômago (3), rins (4) e intestinos delgado e grosso (5).

Cenário de Simulação

Os avaliadores foram submetidos a cenário simulado utilizando o simulador construído em sala do Laboratório de Habilidades e Simulação previamente preparada, com foco de luz adequado, paramentação e instrumental para laparotomia. O modelo de cenário apresentado descrevia vítima de ferimento por arma de fogo (FAF) abdominal, com sinais claros de instabilidade hemodinâmica, que levava de forma inequívoca à indicação de laparotomia exploradora.

O simulador foi preparado com lesão da aorta abdominal (secção parcial do tubo de látex de aproximadamente 2cm) em nível supra mesentérico e acoplado aos frascos de soro repletos de sangue simulado, permitindo fluxo pulsátil em volume adequado para a identificação e sutura do vaso (Figura 3).



Figura 3. Foco de sangramento retroperitoneal.

O avaliador deveria iniciar o cenário seguindo todos os passos técnicos da laparotomia, desde a secção da pele, acesso à cavidade, identificação do foco de sangramento, controle digital e preparação para rafia do vaso sangrante. O paciente apresentava piora hemodinâmica progressiva (Figura 4).

Validação

A validação do simulador foi realizada por cirurgiões voluntários, que responderam à carta convite

enviada a todos os que cumpriram os quesitos de inclusão, a saber - experiência em cirurgia abdominal ou cirurgia do trauma e com vínculo com a universidade ou o hospital de ensino a ela vinculado. Embora o número mínimo de juízes para validação seja controverso na literatura, autores propõem mínimo de cinco e máximo de vinte participantes para validação de conteúdo⁹.

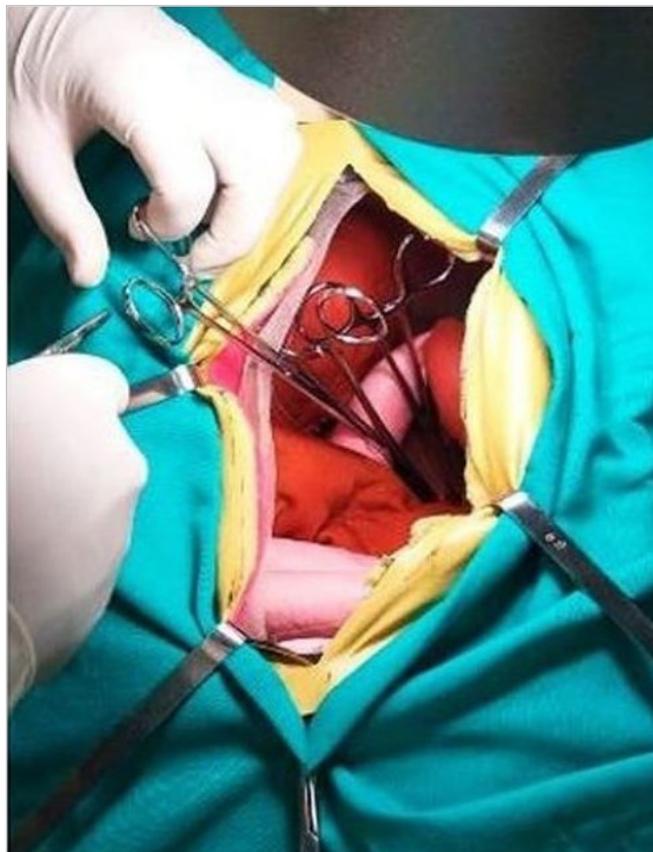


Figura 4. Cenário simulado com uso do simulador.

Após o término da simulação, foi aplicado questionário com dez questões que versavam sobre reprodutibilidade, técnica cirúrgica, utilidade educacional e experiências vivenciadas no simulador pelo sujeito da pesquisa, com respostas baseadas em escala Likert modificada, com graduação de um a quatro. Diante da ausência de formulário validado que atendesse aos objetivos específicos do estudo, o instrumento aplicado foi desenvolvido pelos autores com base em habilidades mínimas esperadas e em trabalhos semelhantes publicados^{5,13}.

Os dados foram analisados por índice de validade de conteúdo (IVC), que mede a proporção ou porcentagem de avaliadores que concorda sobre aspectos pré-definidos no questionário. Os itens foram considerados válidos quando apresentaram IVC >0,810.

O presente estudo está registrado e aprovado na Plataforma Brasil sob parecer consubstanciado no número 4.997.024.

RESULTADOS

A etapa de construção do simulador resultou no custo final de US\$ 71,00, mantendo a previsão inicial e garantido a viabilidade na proposta de baixo custo.

As manutenções necessárias após a execução de cada cenário simulado, durante o processo de validação, geraram custo aproximado de US\$ 4,80. Nesse valor foram inclusos pequenos reparos necessários no simulador, reposição de itens de uso único, como a

pele, e material de consumo, como fios de sutura, soro fisiológico, corante alimentício e gaze.

O simulador tem alta durabilidade. Os materiais que passaram por reparos ao decorrer do estudo foram apenas os tubos de látex, utilizados para dar vazão ao sangramento abdominal, e a malha têxtil que simulou o peritônio. Foram necessárias duas substituições desses materiais no curso das doze simulações realizadas.

Doze dos cirurgiões indicados (100%) aceitaram a carta convite e participaram de todas as etapas de validação. Dentre eles, três (25%) eram especialistas em cirurgia do trauma e três (25%) em cirurgia do aparelho digestivo, os demais (50%) eram cirurgiões gerais com experiência em cirurgia abdominal. Quanto ao tempo de experiência em cirurgia abdominal, 75% deles contavam mais de cinco anos de experiência.

Os dados dos questionários foram compilados e resumidos na Tabela 1, sendo o IVC apresentado à somatória dos itens de concordância ou discordância.

Tabela 1. Percentual de concordância dos juizes nos quesitos da validação.

Escala de Likert modificada	Contribui para aprendizado	Recomendado para discentes e residentes	Reproduz satisfatoriamente estruturas anatômicas	Localização da estrutura lesada	Simulação de pressão sanguínea	Possível acesso à estrutura lesada	O material reproduz a consistência dos tecidos humanos	Controle hemostático por sutura	Controle por pressão direta	Reproduz sentimentos de um cenário de hemorragia
Discordo	0%	0%	8,33%	8,33%	8,33%	8,33%	16,66%	16,66%	8,33%	0%
Concordo	100%	100%	91,67%	91,67%	91,67%	91,67%	83,34%	83,34%	91,67%	100%

DISCUSSÃO

O simulador apresentado é fruto de diversas tentativas frustradas e alguns acertos, que buscamos detalhar no método para que seja reproduzível em diversos centros de ensino e simulação. Os modelos de baixo custo permitem acesso amplo a treinamento de alta qualidade e compartilhar soluções evita erros repetidos.

Além disso, a validação do simulador por especialistas, ou seja, seu uso em cenário ensino de controle de hemorragias intra-abdominais permite maior segurança sobre o quanto o simulador pode se aproximar de situações reais e permitir que o usuário final de fato pratique as competências nele esperadas. O IVC obtido sobre os quesitos abordados demonstram adequação do presente simulador ao reproduzir a realidade para

treinamento e permitir o desenvolvimento de habilidades e competências básicas. Outras validações são possíveis, como sua aplicabilidade em aulas de graduação, tendo os próprios graduandos como juízes.

Merece destaque o item “Reproduz sentimentos de um cenário de hemorragia”, com concordância de 100%, pois são constantes nas práticas de ensino as tentativas de criar ambientes simulados fidedignos^{5,6,8,13,14}, que permitam reproduzir emoções e reações fisiológicas de estresse, sobretudo em cenários adversos e de emergência. Assim, um grande potencial de aplicação do simulador é o treinamento de competências não técnicas em situação de crise.

Materiais	Valor em reais (R\$ unidade)
Borracha de silicone 1kg (2x)	119,80
Gesso (10kg)	30,00
Canetas esferográficas (5 unidades)	10,00
Canetinha Hidrocor Wave (6 unidades)	11,00
Cola quente (15unid.)	30,00
Espanja (8 blocos)	24,00
EVA	10,00
Tecido Impermeável	15,00
Manequim adulto (tronco)	50,83
Pistola cola quente	30,00
Corante alimentícios (5 unidades)	10,00
Tubo de Latex (4 unidades)	15,00
Bolsa soro fisiológico 0,9% 1000mL	15,00
Equipo Macrogotas	2,50
TOTAL	R\$ 373,13

Os itens com menor concordância entre os juízes fazem referência a fidedignidade do material e a sua capacidade de reproduzir tecidos humanos. Essa é uma limitação comum em simuladores de baixo custo,

dado que os materiais não são criados exclusivamente para esse fim, mas aproveitados materiais diversos já disponíveis no mercado. Os dados da literatura evidenciam, no entanto, que essa baixa semelhança não é fator limitante para seu uso no ensino^{11,15-19}.

Os itens sobre contribuição para o aprendizado e recomendação para discentes e residentes nos remetem à reflexão sobre a adequação da proposta ao currículo de cada instituição. O simulador permite o treinamento desde a habilidade sutura em profundidade, agregando dificuldade ao treinamento da técnica, até a construção de cenários simulados para competências comportamentais, que são mais adequados a residentes da especialidade.

Ainda considerando suas aplicabilidades, considerando a rápida ampliação da cirurgia laparoscópica e minimamente invasiva, é válida a consideração de que a modelo suporta, com poucos ajustes, a adaptação de caixa de treinamento de laparoscopia, podendo ainda expandir seu uso a essa modalidade de acesso.

Além da construção ou aquisição, outro fator que prepondera no uso real de simuladores é a sua manutenção e número de simulações que permite até que seja necessário algum reparo. A média de gastos nos cenários de validação foi de US\$ 4,80, já inclusos materiais de consumo, como fios de sutura. O valor ainda se mantém muito abaixo dos praticados por grandes marcas de simuladores e é economicamente viável.

CONCLUSÃO

A confecção do simulador envolveu o uso de materiais simples e de baixo custo, e sua montagem é facilmente reprodutível. O simulador pode ser utilizado em inúmeras simulações, com necessidade de poucos reparos, além de ser facilmente transportado e alocado em diversos ambientes.

Além da confecção, apresentamos os dados de validação por especialistas de nosso modelo. Os bons resultados obtidos na validação deste simulador por cirurgiões experientes reafirmam sua capacidade didática.

Etapas posteriores de validação com públicos específicos confirmarão sua aplicabilidade no ensino de graduação e pós-graduação.

ABSTRACT

Background: training in critical surgical situations is crucial for a safe outcome. The use of simulators is well established, although many are quite expensive, requiring the search for financially viable solutions for training centers. **Methods:** we built a low-cost simulator for intra-abdominal bleeding with inexpensive materials, such as a manikin chest, latex tubes, silicone rubber, and waterproof fabric, seeking to mimic the abdominal viscera and vessels and their anatomical correlations. An IV infusion set allowed simulated blood to flow under pressure, and the blood flowed freely during simulation. After obtaining a functional model, we selected general surgeons to validate the simulator and its use in teaching surgery. We used the content validity index (CVI), with a cutoff of 0.9. **Results:** the cost of building the prototype was US\$71,00 in 2021, accounting for the purchase of the various necessary materials. Twelve raters participated in the validation tests. The results obtained from the feedback survey showed a good evaluation of all items, especially the recognition of the injured vessel, access to the vascular injury, hemostasis by manual compression, and hemostatic suturing. **Conclusion:** the proposed simulator obtained good results in scenarios of intra-abdominal bleeding from large vessels, as well as for hemostasis by manual compression and suturing. It proved to be a useful tool for training in critical intra-abdominal bleeding situations, while maintaining a low cost of building.

Keywords: Education, Medical. High Fidelity Simulation Training. Hemostasis, Surgical. Low-cost Technology.

REFERÊNCIAS

- Advanced Trauma Life Support: Student Book Committee on Trauma. American College of Surgeons. 10ed. Chicago, 2020
- Girard E, Boussat B, François P, Ageron FX, Letoublon C, Bouzat P. Preventable deaths in a French regional trauma system: A six-year analysis of severe trauma mortality. *J Visc Surg.* 2019;156(1):10-16. doi: 10.1016/j.jviscsurg.2018.05.002.
- Silveira BWM, et al. Assembly and use of a low-cost paracentesis simulator for the teaching of puncture and drainage of ascites. *Rev Col Bras Cir.* 2022;49:e20223099. doi.org/10.1590/0100-6991e-20223099.
- Sakakushev BE, Marinov BI, Stefanova PP, Kostianev SS, Georgiou EK. Striving for Better Medical Education: the Simulation Approach. *Folia Med (Plovdiv).* 2017;59(2):123-31. doi: 10.1515/folmed-2017-0039.
- Marcos-Pablos S, García-Peñalvo FJ. More than surgical tools: a systematic review of robots as didactic tools for the education of professionals in health sciences. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2022;27(4):1139-76. doi: 10.1007/s10459-022-10118-6.
- Qi X, He R, Wen B, Li Q, Wu H. Design and evaluation of a simulated wound management course for postgraduate year one surgery residents. *PeerJ.* 2021;9:e11104. doi: 10.7717/peerj.11104.
- Ukamizu J, Verstegen D, Ho SC. International trainer perceptions of simulation-based learning: a qualitative study. *Int J Med Educ.* 2021;12:267-73. doi: 10.5116/ijme.61b3.214c.
- Urdiales AIA, et al. Surgical cricothyroidostomy. Analysis and comparison between teaching and validation models of simulator models. *Rev Col Bras Cir.* 2020;47:e20202522. doi: 10.1590/0100-6991e-20202522.
- Alexandre NMC, Coluci MZO. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. *Ciência & Saúde Coletiva.* 2011;16(7):3061-8. doi.org/10.1590/S1413-81232011000800006.
- Bjerrum F, Thomsen ASS, Nayahangan LJ, Konge L. Surgical simulation: Current practices and future perspectives for technical skills training. *Med Teach.* 2018;40(7):668-675. doi: 10.1080/0142159X.2018.1472754.
- Lima DS, Almeida YAS, Cid DMC, Cardoso LC, Braga CS, Regis FGL. Modelo sintético de baixo custo para treinamento do uso de torniquete. *Rev Col Bras Cir.* 2019;46(6):e20192324. doi: 10.1590/0100-6991e-20192324.
- Souza, AC, Alexandre NMC, Guirardello, EB. Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da

- validade. *Epidemiol Serv Saude*. 2017;26(3):649-59. doi: 10.5123/S1679-49742017000300022.
13. Melkonian V, Huy T, Varma CR, Nazzal M, Randall HB, Nguyen MJ. The Creation of a Novel Low-Cost Bench-Top Kidney Transplant Surgery Simulator and a Survey on Its Fidelity and Educational Utility. *Cureus*. 2020;12(11):e11427. doi: 10.7759/cureus.11427.
 14. Rocha e Silva R, Lourenção AJ, Goncharov M, Jatene FB. Low Cost Simulator for Heart Surgery Training. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2016;31(6):449-53. doi: 10.5935/1678-9741.20160089.
 15. Malik M, Shah N, Kit V, Jain S. Development of a low-cost strabismus surgery simulation model. *Eye (Lond)*. 2021;35(3):805-10. doi: 10.1038/s41433-020-0966-1.
 16. Badash I, Burt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. *Ann Transl Med*. 2016;4(23):453. doi: 10.21037/atm.2016.12.24.
 17. Motta EV, Baracat EC. Treinamento de habilidades cirúrgicas para estudantes de medicina – papel da simulação. *Rev Med (São Paulo)*. 2018;97(1):18-23. doi: 10.11606/issn.1679-9836.v97i1p18-23.
 18. Consorti F, Panzera G. Low versus high level of physical resemblance in simulation for the acquisition of basic surgical skill: a meta-analysis. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*. 2021;7(5):422-7. doi: 10.1136/bmjstel-2020-000797.
 19. Massoth C, Röder H, Ohlenburg H, et al. High-fidelity is not superior to low-fidelity simulation but leads to overconfidence in medical students. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):29. doi: 10.1186/s12909-019-1464-7.

Recebido em: 15/12/2022

Aceito para publicação em: 15/08/2023

Conflito de interesses: não.

Fonte de financiamento: Programa Institucional de Bolsas - PIBIC - Estácio.

Endereço para correspondência:

Marcos Antonio Marton Filho

E-mail: marcosmarton@gmail.com

