



# Treinamento com simuladores de broncoscopia no mundo pós-pandemia

Lais Meirelles Nicolliello Vieira<sup>1</sup> , Paulo Augusto Moreira Camargos<sup>1</sup> ,  
Cássio da Cunha Ibiapina<sup>1</sup> 

1. Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG) Brasil.

**Recebido:** 30 agosto 2021.  
**Aprovado:** 18 fevereiro 2022.

Trabalho realizado na Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG) Brasil.

## RESUMO

A broncoscopia é um procedimento importante para examinar as vias aéreas. O treinamento tradicional consiste em realizar o procedimento em humanos. Isso traz riscos, embora apenas raramente, e causa estresse nos broncoscopistas em formação. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura a respeito de simuladores de broncoscopia e seu uso e impacto na educação médica, apresentando perspectivas acerca do uso de simuladores no mundo pós-pandemia. A revisão baseou-se em artigos publicados em inglês em 2000-2021 e recuperados a partir de buscas realizadas nos seguintes bancos de dados: MEDLINE (PubMed), Embase, SciELO e Google Acadêmico. Os simuladores de broncoscopia melhoraram muito ao longo dos anos, permitindo que o processo de ensino e aprendizagem ocorra em um ambiente livre de riscos. O treinamento com simuladores de broncoscopia é uma opção interessante para a avaliação das vias aéreas, principalmente nos próximos anos, já que a pandemia de COVID-19 ressaltou a necessidade de educação médica continuada.

**Descritores:** Broncoscopia; Aprendizagem; Ensino; Estudantes; Coronavírus.

## INTRODUÇÃO

A broncoscopia é um procedimento extremamente importante realizado por especialistas como pneumologistas, otorrinolaringologistas e cirurgiões. O treinamento adequado para a realização da broncoscopia é essencial porque se trata de um procedimento complexo que exige domínio de habilidades cognitivas e motoras.<sup>(1)</sup> O método tradicional de ensino é o “veja um, faça um, ensine um”, pelo qual os profissionais em treinamento realizam o procedimento diretamente em humanos, sob a orientação de profissionais experientes.<sup>(1)</sup> Esse método é eficaz no treinamento de broncoscopistas há muito tempo. No entanto, pode ser necessário realizar o exame mais de uma vez em virtude de complicações, o que resulta em altos níveis de estresse nos aprendizes.<sup>(2)</sup>

Os avanços tecnológicos permitiram o uso de simuladores, que se tornaram uma ferramenta alternativa interessante. Além disso, a pandemia de COVID-19 trouxe muitos desafios. Diante da redução do número de alunos em treinamento para realizar procedimentos cirúrgicos e da necessidade de racionamento de equipamentos de proteção individual (EPI), o uso de simuladores para ensinar profissionais a realizar técnicas como a broncoscopia tornou-se especialmente importante.<sup>(3)</sup>

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura a respeito do desenvolvimento dos simuladores de broncoscopia e seu uso e impacto na educação médica, apresentando perspectivas acerca do uso de simuladores no mundo pós-pandemia.

## PROCESSO DE SELEÇÃO DE ESTUDOS

Investigamos os bancos de dados MEDLINE (PubMed), Embase, SciELO e Google Acadêmico em busca de artigos publicados em inglês entre 2000 e 2021. Os artigos foram selecionados inicialmente pelo título, depois pelo resumo e então pela leitura do texto integral.

## SIMULADORES DE BRONCOSCOPIA

O primeiro estudo sobre simuladores de broncoscopia foi realizado em 1999 em suínos.<sup>(1)</sup> No mesmo ano, foi criado um simulador de realidade virtual denominado *PreOp Endoscopic Simulator*<sup>®</sup> (HT Medical Systems; Rockville, MD, EUA). Em 2001, foi realizado um estudo sobre a eficácia de simuladores no ensino e aprendizagem de broncoscopia.<sup>(4)</sup> O simulador *AccuTouch*<sup>®</sup> (Immersion Medical; Gaithersburg, MD, EUA) foi elaborado e validado nesse período.<sup>(5)</sup>

Atualmente, diversas ferramentas são usadas. O uso de animais no ensino e aprendizagem de broncoscopia é conhecido como *wet lab simulation* (simulação em laboratório úmido/experimental). Algumas vantagens desse método são a semelhança da anatomia e a possibilidade de usar um broncoscópio real. As desvantagens incluem questões éticas a respeito do uso de animais no ensino e aprendizagem, o custo de criá-los e a possibilidade de danificar o equipamento de broncoscopia.<sup>(1)</sup>

A simulação de baixa fidelidade consiste no uso de modelos inanimados das vias aéreas — que não simulam nem a resistência ao broncoscópio nem os movimentos respiratórios e que não são muito realistas anatomicamente

## Endereço para correspondência:

Lais Meirelles Nicolliello Vieira. Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Professor Alfredo Balena, 190, Santa Efigênia, CEP 30130-100, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.  
Tel.: 31 3409-9660. E-mail: laisnicolliello@hotmail.com  
Apoio financeiro: Nenhum.

— nos quais são inseridos broncoscópios reais. Existe uma gama de modelos, desde labirintos simples e não anatômicos até simuladores mais modernos.<sup>(1,2)</sup> Os labirintos não anatômicos permitem que os aprendizes treinem o movimento do punho e das mãos, e até modelos da árvore brônquica feitos de papel de jornal e cola de vinil estão disponíveis. Os modelos mais atuais dessa categoria, feitos de silicone e materiais à base de plástico, consistem em um manequim composto por uma cabeça, uma laringe, uma árvore traqueobrônquica e um tórax, ao qual é fixado um painel para visualizar o procedimento externamente, como é o caso do *Laerdal Airway Management Trainer*<sup>®</sup> (Laerdal; Stavanger, Noruega; Figura 1) e do *Airway Larry*<sup>®</sup> (Nasco; Fort Atkinson, WI, EUA).<sup>(1)</sup> Há também o modelo *CLA Broncho Boy*<sup>®</sup> (CLA; Coburg, Alemanha), que possui uma árvore traqueobrônquica detalhada ao nível dos primeiros brônquios segmentares.<sup>(1)</sup>

Outra classe de simuladores de baixa fidelidade é produzida por impressoras tridimensionais (3D).<sup>(6)</sup> Um estudo avaliou seu desempenho no ensino e aprendizagem de broncoscopia e observou uma melhora significativa na velocidade do exame e no desempenho após o treinamento.<sup>(7)</sup> São alternativas de baixo custo que permitem o uso de um broncoscópio real. No entanto, o equipamento pode ser danificado, e esses sistemas não proporcionam muito realismo.

A simulação de alta fidelidade baseia-se no uso de computadores para a projeção virtual das vias aéreas, também conhecidos como simuladores virtuais. O primeiro simulador é o *PreOp Endoscopy Simulator*<sup>®</sup> (HT Medical Systems; Rockville, MD, EUA).<sup>(1)</sup> Atualmente existe uma nova versão desse simulador, denominada *AccuTouch Endoscopy Simulator*<sup>®</sup> (Immersion Medical; Gaithersburg, MD, EUA; Figura 2) e composta por um endoscópio flexível e um computador com monitor e software para simular o procedimento. A interface é uma réplica da face humana, com área de acesso na região nasal para a inserção do endoscópio. Há também hardware para detectar os movimentos realizados pelo operador da máquina, capaz de simular

a resistência mecânica de um exame real, assim como a tosse e os movimentos respiratórios do paciente.<sup>(2)</sup> No fim do exame, o equipamento fornece medidas relacionadas ao desempenho do aprendiz, tais como tempo de procedimento, tempo de “red out” (tempo gasto em contato com a mucosa), número de contatos com as paredes brônquicas, segmentos brônquicos inspecionados e uso do botão de sucção, garantindo assim o feedback.<sup>(2)</sup> Além disso, é possível identificar as estruturas anatômicas exploradas, pois o aparelho projeta a localização do broncoscópio, injeta alíquotas de lidocaína, realiza biópsias e reproduz múltiplos cenários clínicos. Esse simulador foi usado na maioria dos estudos aqui revisados, com resultados positivos.

Outros modelos disponíveis são o *Gi-Bronch Mentor*<sup>®</sup> (Simbionix USA Corp; Cleveland, OH, EUA) e o *Orsim*<sup>®</sup> (Airway Limited; Auckland, Nova Zelândia).<sup>(1)</sup> São simuladores que reproduzem extrema realidade anatômica, garantindo aos aprendizes um ambiente propício a seu aprendizado. No entanto, apesar da complexidade do sistema de imagem, mesmo os modelos mais atualizados reproduzem a sensibilidade tátil do exame de maneira rudimentar, e a sensibilidade tátil é importante no processo de aprendizagem da broncoscopia.

Com o aprimoramento dos simuladores virtuais, tornou-se possível treinar habilidades com alto grau de realismo, permitindo que iniciantes aprendam com seus erros antes de ter contato direto com os pacientes. Assim, os alunos podem melhorar seu desempenho em situações desafiadoras, como o acesso à via aérea pediátrica e a realização de broncoscopia em pacientes com COVID-19.<sup>(8)</sup>

Como a broncoscopia é um procedimento que gera aerossóis, são necessárias estratégias para mitigar os riscos de contaminação durante o procedimento, tais como o uso de uma barreira de acrílico durante a intubação e o uso de cortinas descartáveis para criar uma tenda ao redor do paciente.<sup>(8)</sup> Assim, o treinamento com simuladores elimina o risco de infecção em um ambiente pandêmico.



**Figura 1.** *Laerdal Airway Management Trainer*<sup>®</sup> (Laerdal; Stavanger, Noruega), um simulador de broncoscopia de baixa fidelidade.



**Figura 2.** AccuTouch Endoscopy Simulator® (Immersion Medical; Gaithersburg, MD, EUA), um simulador de broncoscopia de alta fidelidade.

### SIMULADORES VIRTUAIS NA AVALIAÇÃO DE BRONCOSCOPISTAS

O ensino da broncoscopia ainda não foi padronizado. São recomendados pelo menos 100 procedimentos supervisionados para a aquisição da competência básica.<sup>(9)</sup> No entanto, esse método tem sido questionado.

Em um estudo realizado por Crawford & Colt,<sup>(9)</sup> pediu-se aos residentes de pneumologia que identificassem os segmentos brônquicos por meio de um simulador virtual. Os broncoscopistas em formação identificaram 71% dos segmentos; 50% dos broncoscopistas experientes identificaram todos os segmentos e os iniciantes não conseguiram identificar todos os segmentos necessários. Essa grande variabilidade indicou a necessidade de rever os métodos de avaliação no ensino da broncoscopia.

As diretrizes foram atualizadas, e foi recomendado que o progresso de cada aprendiz fosse avaliado com simuladores. Demonstrou-se inicialmente que as medidas fornecidas pelos simuladores permitem a diferenciação entre iniciantes e broncoscopistas experientes.<sup>(4)</sup> No entanto, propôs-se posteriormente que essas medidas não deveriam ser o único método de avaliação, questionando-se a precisão do software.<sup>(10)</sup>

Nesse contexto, foram desenvolvidos dois instrumentos: o *Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool* (BSTAT) e o *Bronchoscopy Step-by-Step Evaluation Tool* (BSET).<sup>(11)</sup> O BSTAT fornece uma pontuação baseada na postura e no conhecimento de anatomia, bem como em tarefas como biópsia

transbrônquica e lavagem broncoalveolar. O BSET avalia o manuseio do broncoscópio em níveis crescentes de dificuldade. Observou-se alta correlação entre os dois instrumentos (0,86 para o BSTAT e 0,85 para o BSET), com diferenças claras entre iniciantes e especialistas. No entanto, não houve diferenças significativas entre os aprendizes de nível intermediário.<sup>(11)</sup>

Em outro estudo, baseado em filmagens de aprendizes realizando broncoscopia simulada e avaliados por meio de uma lista de verificação (checklist), foi possível distinguir os iniciantes dos aprendizes de nível intermediário e expertos.<sup>(10)</sup> Em outro estudo, um sistema automático de análise de movimentos foi usado para analisar os movimentos do endoscópio.<sup>(12)</sup> Os maiores desvios foram observados entre os iniciantes, e os menores, entre os operadores experientes; o sistema de análise de movimentos foi, portanto, capaz de distinguir os iniciantes dos operadores de nível intermediário e expertos.<sup>(12)</sup> A Tabela 1 resume os estudos que examinaram o papel dos simuladores virtuais na avaliação de broncoscopistas em formação.

O uso de simuladores virtuais em broncoscopia tornou-se uma importante opção para a avaliação de profissionais em formação, pois os simuladores virtuais permitem a avaliação de medidas objetivas e o aprimoramento individual em um ambiente livre de riscos. Isso se torna relevante no contexto da pandemia do COVID-19, já que os simuladores virtuais permitem que se avalie o desempenho dos aprendizes sem qualquer risco de exposição ao coronavírus.

**Tabela 1.** Estudos nos quais se examinou o papel dos simuladores virtuais na avaliação de broncoscopistas em formação.

Estudo	Objetivo	População	Amostra	Método	Resultado	Conclusão
Crawford et al. <sup>(9)</sup>	Avaliar habilidades técnicas específicas por meio de um simulador de broncoscopia de realidade virtual	Residentes de pneumologia	5	Estudo prospectivo no qual os participantes foram avaliados durante a identificação e inserção do broncoscópio em cinco segmentos brônquicos específicos	Os aprendizes identificaram 71% dos brônquios corretamente. Daqueles que haviam realizado mais de 200 broncoscópios, 50% exploraram todos os segmentos	Observou-se grande variabilidade, o que sugere que essas habilidades não se correlacionam nem com o número de treinamentos nem com o número de broncoscópios realizadas
Colt et al. <sup>(4)</sup>	Avaliar se o treinamento de iniciantes com simulador de broncoscopia permitiria a aquisição de habilidades básicas, em comparação com médicos experientes, que receberam treinamento tradicional	Residentes de pneumologia e de terapia intensiva	5	Estudo prospectivo no qual um grupo de iniciantes em treinamento com simulador de broncoscopia foi comparado a um grupo de médicos experientes que realizaram mais de 200 broncoscópios	Os iniciantes não conseguiram identificar todos os segmentos. Os iniciantes melhoraram significativamente sua destreza após o treinamento, igualando ou até superando o desempenho dos especialistas	As medidas de avaliação fornecidas pelo simulador foram capazes de distinguir broncoscopistas iniciantes daqueles de nível intermediário e de especialistas, o que sugere que as habilidades clínicas estão correlacionadas com o ambiente de simulação
Davoudi et al. <sup>(11)</sup>	Avaliar as habilidades de broncoscopia por meio de dois novos instrumentos: o BSTAT e o BSET	Estudantes de medicina, residentes de pneumologia, residentes de terapia intensiva, intensivistas e cirurgiões torácicos	22	Estudo prospectivo de coorte no qual dois avaliadores independentes simultaneamente atribuíram pontos aos participantes durante a broncoscopia simulada	Observou-se alta correlação (0,86 para o BSTAT e 0,85 para o BSET) para ambos os métodos. Houve diferenças claras entre iniciantes e especialistas	Ambas as ferramentas apresentaram alta confiabilidade e validade simultânea em distinguir iniciantes de especialistas. Não foi possível discriminar significativamente os aprendizes de nível intermediário
Konge et al. <sup>(10)</sup>	Explorar a validade de um método de avaliação para treinamento com simulador de broncoscopia	Médicos especialistas, médicos residentes e estudantes de medicina	42	Estudo prospectivo no qual os participantes foram filmados enquanto realizavam seis broncoscópios simuladas, de dificuldade crescente. Seu desempenho foi avaliado por dois avaliadores “cegos”, por meio de uma lista de verificação (check-list)	Observou-se alta confiabilidade interexaminadores. O método de avaliação diferenciou os três grupos quanto a seu desempenho ( $p < 0,001$ )	O procedimento de avaliação diferenciou iniciantes de aprendizes de nível intermediário e especialistas
Colella et al. <sup>(12)</sup>	Avaliar se existe correlação entre os movimentos do endoscópio e a experiência do operador por meio de um sistema automático de análise de movimentos	Médicos residentes e estudantes de medicina	29	Estudo prospectivo de coorte no qual foi usado um sistema automático de análise de movimentos para medir o desvio total do endoscópio durante a broncoscopia simulada	Os maiores desvios foram observados nos iniciantes, e os menores, nos aprendizes mais experientes	O sistema de análise de movimentos consegue discriminar os níveis de experiência

 BSTAT: *Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool*; e BSET: *Bronchoscopy Step-by-Step Evaluation Tool*.

## TREINAMENTO COM SIMULADORES VIRTUAIS

Os simuladores virtuais permitem que se avalie o aprendizado da broncoscopia por meio das medidas do próprio equipamento. Em um estudo, observou-se melhora evidente após o treinamento, tanto na destreza, com menos contatos com as paredes brônquicas ( $p = 0,022$ ), como na eficiência, com maior porcentagem de brônquios analisados ( $p = 0,029$ ).<sup>(4)</sup> Mesmo um curso introdutório curto com simuladores mostrou melhora significativa no desempenho dos residentes ( $p = 0,017$ ).<sup>(13)</sup> Em outro estudo, foram obtidos resultados semelhantes, com redução significativa do tempo de procedimento ( $p = 0,002$ ) e melhora no desempenho geral ( $p = 0,002$ ).<sup>(14)</sup>

Também foram investigados os efeitos do treinamento prévio com simuladores no desempenho em pacientes reais. Observou-se que o uso da broncoscopia simulada aumenta a velocidade de aquisição de habilidades, com melhor pontuação no BSTAT ( $p < 0,05$ ).<sup>(15)</sup> Ost et al. obtiveram resultados semelhantes; especificamente, redução do tempo necessário para a realização do procedimento ( $p = 0,001$ ) e aumento da porcentagem de brônquios identificados ( $p = 0,03$ ).<sup>(5)</sup> Mesmo uma sessão curta de treinamento com um simulador de broncoscopia melhora a intubação endotraqueal pediátrica, com redução do tempo gasto para a realização da intubação ( $p < 0,001$ ) e aumento da porcentagem de visualização das vias aéreas ( $p = 0,004$ ).<sup>(16)</sup>

Em uma meta-análise publicada em 2017,<sup>(17)</sup> o treinamento com simuladores virtuais de broncoscopia foi avaliado por meio da análise de artigos originais publicados entre 2000 e 2016. Foram incluídos oito estudos, e os autores concluíram que o treinamento com simuladores de broncoscopia melhora as habilidades técnicas e que os simuladores podem ser uma importante ferramenta de aprendizagem.<sup>(17)</sup> Em uma revisão sistemática,<sup>(18)</sup> foram investigadas a estrutura do treinamento com simuladores de broncoscopia e a avaliação da competência no treinamento para a realização de broncoscopia. A revisão mostrou que a simulação de broncoscopia é eficaz, que o treinamento deve ser estruturado, que a prática em duplas contribui para aumentar o uso de simuladores e que é importante avaliar os aprendizes por meio de instrumentos validados.<sup>(18)</sup> A Tabela 2 resume os estudos que avaliaram o impacto dos simuladores virtuais no ensino e aprendizagem de broncoscopia.

A eficácia do treinamento com simuladores é um fato de reconhecida relevância na era pós-COVID-19 porque garante a educação continuada independentemente do estágio da pandemia, que ainda está em curso. Mais evidências a respeito da eficácia do treinamento com simuladores de broncoscopia auxiliam os educadores a tomar decisões, sendo necessários, portanto, mais estudos sobre o assunto.

## METODOLOGIAS DE ENSINO DE BRONCOSCOPIA

Em virtude da relevância dos simuladores virtuais no ensino e aprendizagem de broncoscopia, novas metodologias de ensino surgiram nos últimos anos.

Relatou-se que um único dia de treinamento com simulador de broncoscopia tem a mesma eficácia que uma semana de treinamento ( $p > 0,36$ ), um achado que sugere que o treinamento com simuladores de broncoscopia pode ser realizado como quer que seja melhor para os aprendizes e centros de treinamento.<sup>(19)</sup>

O autodidatismo, isto é, instruir-se por meio das instruções do fabricante, também é uma opção. Um estudo mostrou uma melhora significativa na pontuação obtida no BSTAT após quatro sessões de autotreinamento com um simulador virtual ( $p < 0,0001$ ).<sup>(2)</sup> Veaudor et al.<sup>(14)</sup> obtiveram resultados semelhantes com residentes autodidatas, que adquiriram habilidades básicas semelhantes às de broncoscopistas experientes ( $p = 0,002$ ).

Houve um aumento de evidências a respeito do uso de simuladores de broncoscopia no treinamento de residentes. No entanto, pouco se sabe sobre o impacto do treinamento com simuladores de broncoscopia em estudantes de medicina, embora alguns estudos recentes tenham investigado essa questão.

Em um estudo, não houve diferença entre a eficácia do treinamento de estudantes de medicina em duplas e a do treinamento individual ( $p < 0,16$ ).<sup>(20)</sup> O treinamento com simuladores de broncoscopia realizado em duplas foi considerado mais eficaz porque os mesmos recursos usados individualmente podem ser usados em duplas.<sup>(20)</sup>

Estudantes de medicina foram avaliados quanto à intubação realizada por meio de simuladores de fibrobroncoscopia, sem diferença significativa entre iniciantes e especialistas quanto às habilidades técnicas após o treinamento.<sup>(21)</sup> Também foi avaliado o exemplo de modelo, por meio do qual os aprendizes observam o procedimento realizado pelo instrutor durante o treinamento com simuladores de broncoscopia.<sup>(22)</sup> Após o treinamento, o grupo que observou os exemplos de modelo saiu-se significativamente melhor que o grupo controle ( $p < 0,0001$ ), um achado que demonstra a eficácia desse método.<sup>(22)</sup> A Tabela 3 resume os estudos que examinaram os métodos de treinamento com simuladores de broncoscopia.

Assim, observa-se que vários estudos estabeleceram uma base sólida para o uso de simuladores no ensino e aprendizagem de broncoscopia.

## BRONCOSCOPIA SIMULADA E COVID-19

A educação médica foi profundamente afetada pela COVID-19. Foi preciso reduzir o número de profissionais permitidos na sala de exame, limitando assim o treinamento de residentes. Além disso, em virtude da necessidade de administrar leitos e medicamentos, muitos procedimentos foram suspensos, o que afetou o processo de aprendizagem.<sup>(23)</sup>

**Tabela 2.** Estudos nos quais se avaliou o impacto dos simuladores virtuais no ensino e aprendizagem de broncoscopia.

Estudo	Objetivo	População	Amostra	Método	Resultado	Conclusão
Colt et al. <sup>(4)</sup>	Avaliar se o treinamento de iniciantes com simulador de broncoscopia permitiria a aquisição de habilidades básicas, em comparação com médicos experientes, que receberam treinamento tradicional	Residentes de pneumologia e de terapia intensiva	5	Estudo prospectivo no qual foram comparados iniciantes de broncoscopia e médicos experientes, que haviam realizado mais de 200 broncoscopias	Após o treinamento, os iniciantes melhoraram significativamente sua destreza, com menos contatos com a parede brônquica (p = 0,022), e precisão, com mais segmentos identificados (p = 0,029), igualando ou até superando o desempenho dos especialistas	O treinamento com simulador virtual foi eficaz
Colt et al. <sup>(13)</sup>	Avaliar um curso introdutório de treinamento com simulador de broncoscopia, com duração de um dia	Residentes de pneumologia e de terapia intensiva	24	Estudo prospectivo multicêntrico no qual os aprendizes foram avaliados pré-teste e pós-teste no simulador	Após o treinamento, a média da pontuação nos testes de habilidades técnicas no simulador melhorou significativamente, de 43% para 77% (p = 0,017)	O treinamento com simulador virtual foi eficaz
Veaudor et al. <sup>(14)</sup>	Avaliar se um programa de autotreinamento com um simulador de alta fidelidade permitiria que residentes iniciantes adquirissem habilidades semelhantes às de broncoscopistas experientes	Residentes de pneumologia	34	Estudo prospectivo de coorte no qual o desempenho de broncoscopistas treinados em um simulador de alta fidelidade foi comparado com o de broncoscopistas experientes	Houve redução significativa da média de tempo de procedimento (p = 0,002) e melhora no desempenho global (p = 0,002) entre os iniciantes, comparável ao desempenho geral dos profissionais experientes	O simulador foi eficaz no ensino e aprendizagem de broncoscopia
Wahidi et al. <sup>(15)</sup>	Avaliar aprendizes realizando broncoscopia em pacientes reais após terem recebido treinamento com simulador de broncoscopia	Residentes de pneumologia	47	Estudo prospectivo multicêntrico no qual o desempenho de participantes treinados em simulador foi comparado com o de participantes que receberam treinamento tradicional	A incorporação da broncoscopia simulada aumentou a velocidade de aquisição das habilidades de broncoscopia, e houve melhora estatisticamente significativa na média de pontos que os aprendizes obtiveram no BSTAT (p < 0,05)	O uso de simuladores antes da realização de broncoscopia em pacientes reais permite o aprimoramento das habilidades de broncoscopia
Ost et al. <sup>(5)</sup>	Validar um simulador virtual de broncoscopia	Residentes de pneumologia e de terapia intensiva	28	Estudo de coorte prospectivo multicêntrico no qual os participantes foram avaliados enquanto realizavam broncoscopia em pacientes reais após terem recebido treinamento com simulador ou treinamento tradicional	Os participantes que realizaram o treinamento com simulador melhoraram significativamente suas habilidades após 20 simulações, com redução do tempo (p = 0,001) e aumento do número de brônquios inspecionados (p = 0,03)	O treinamento com simulador de broncoscopia permitiu uma aquisição mais rápida de habilidades de broncoscopia em comparação com o treinamento tradicional

Continua...▶

**Tabela 2.** Estudos nos quais se avaliou o impacto dos simuladores virtuais no ensino e aprendizagem de broncoscopia. (Continuação...)

Estudo	Objetivo	População	Amostra	Método	Resultado	Conclusão
Rowe et al. <sup>(16)</sup>	Avaliar a eficácia de uma única sessão curta de treinamento para intubação endotraqueal pediátrica com um simulador de broncoscopia	Residentes de pediatria	20	Estudo prospectivo no qual foi comparado o desempenho de residentes em pacientes reais antes e depois do treinamento com o simulador	Após o treinamento com o simulador, houve redução do tempo gasto para completar a intubação com o broncoscópio ( $p < 0,001$ ), do número de contatos com a mucosa ( $p < 0,001$ ) e do tempo gasto para visualizar a mucosa adequadamente ( $p < 0,001$ ), além de um aumento da porcentagem de visualização das vias aéreas ( $p = 0,004$ )	Mesmo uma única sessão curta de treinamento com simulador melhorou a capacidade de realizar a intubação endotraqueal pediátrica com o broncoscópio
Sokouti et al. <sup>(17)</sup>	Realizar uma revisão sistemática de estudos sobre treinamento com simulador de broncoscopia de realidade virtual	Busca em bancos de dados (MEDLINE/ PubMed, Scopus e Google Acadêmico)	-	Meta-análise de artigos originais publicados entre 2000 e 2016 sobre treinamento para broncoscopia rígida e flexível com simulador de broncoscopia de realidade virtual	Foram recuperados oito estudos sobre treinamento com simulador de broncoscopia de realidade virtual	O treinamento com simuladores de broncoscopia melhorou as habilidades técnicas e deveria ser considerado uma importante ferramenta de aprendizado
Nilsson et al. <sup>(18)</sup>	Realizar uma extensa revisão bibliográfica a respeito do treinamento com simuladores de broncoscopia	Busca em bancos de dados em julho de 2016	-	Revisão sistemática de estudos sobre treinamento com simuladores de broncoscopia, abrangendo a estrutura de treinamento, avaliação de habilidades e alternativas de baixo custo	Relatou-se que o treinamento com simuladores de broncoscopia deve ser estruturado, que a prática em dupla é viável e permite um uso mais eficiente do equipamento e que o desempenho dos aprendizes deve ser avaliado por instrumentos validados	O treinamento com simuladores de broncoscopia é eficaz

BSTAT: *Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool.*

**Tabela 3.** Estudos nos quais se examinaram métodos de treinamento com simuladores de broncoscopia.

Estudo	Objetivo	População	Amostra	Método	Resultado	Conclusão
Bjerrum et al. <sup>(19)</sup>	Comparar a eficácia do treinamento com simuladores de broncoscopia em um único dia com a do treinamento distribuído ao longo de uma semana	Residentes de pneumologia	20	Estudo randomizado no qual se avaliou o treinamento com simuladores de broncoscopia em um único dia vs. ao longo de uma semana	Não se observou nenhuma interação entre os grupos e as pontuações obtidas nos testes ( $p > 0,16$ ), à exceção da percentagem de segmentos explorados	O treinamento pode ser realizado como quer que seja mais adequado à prática clínica dos aprendizes e à disponibilidade dos centros de treinamento
Veaudor et al. <sup>(14)</sup>	Avaliar a eficácia do autotreinamento com simuladores de broncoscopia	Residentes de pneumologia	34	O desempenho no pré-teste, pós-teste e teste de retenção foi avaliado após quatro semanas Estudo prospectivo de coorte no qual iniciantes em treinamento com simuladores foi comparado com o de broncoscopistas experientes	Não se observou nenhum grande efeito de grupo em nenhuma das medidas avaliadas ( $p > 0,36$ ) Houve redução significativa da média de tempo de procedimento e melhora significativa no desempenho global ( $p = 0,002$ ) entre os iniciantes, comparável ao desempenho geral dos profissionais experientes	O autotreinamento com simulador de broncoscopia foi eficaz, permitindo aos aprendizes a aquisição de habilidades básicas semelhantes às de broncoscopistas experientes
Gopal et al. <sup>(2)</sup>	Avaliar o impacto do treinamento com simuladores de broncoscopia no conhecimento de anatomia e nas habilidades técnicas de estudantes de medicina	Estudantes de medicina	47	Estudo prospectivo no qual dois cirurgiões avaliaram o desempenho de participantes que receberam treinamento com simuladores de broncoscopia O BSTAT foi usado	Após o treinamento, houve um aumento significativo da pontuação no BSTAT ( $p < 0,0001$ ), da visualização da anatomia brônquica ( $p < 0,0001$ ) e das habilidades de navegação durante a broncoscopia ( $p < 0,0001$ )	O autotreinamento com simuladores de broncoscopia foi eficaz em estudantes de medicina
Bjerrum et al. <sup>(20)</sup>	Comparar a eficácia do treinamento com simulador de broncoscopia realizado em duplas e individualmente	Estudantes de medicina	36	Estudo randomizado no qual se comparou o treinamento com simulador de broncoscopia realizado em duplas e individualmente, por meio de um pré-teste, um pós-teste e um teste de retenção três semanas depois	Os dois grupos apresentaram melhora significativa no desempenho após o treinamento com simulador ( $p < 0,001$ ) Não houve diferença entre os dois grupos quanto à eficácia da aquisição de habilidades de broncoscopia ( $p < 0,16$ )	O treinamento em duplas pode ser considerado mais eficaz porque os mesmos recursos usados individualmente podem ser usados em duplas
Latif et al. <sup>(21)</sup>	Estabelecer o tempo e o número de tentativas para treinar iniciantes, por meio de simuladores, a realizar fibrobroncoscopia e intubação	Estudantes de medicina	15	Estudo prospectivo no qual os participantes receberam orientação de um instrutor experiente e, em seguida, iniciaram o treinamento supervisionado com um simulador virtual Eles retornaram após dois meses para uma nova avaliação	Após o treinamento, as habilidades técnicas dos aprendizes foram comparadas com as dos especialistas Na avaliação realizada após dois meses, foi necessário um tempo maior para visualizar a anatomia; entretanto, quando esse desempenho foi comparado com o desempenho no pré-teste, observou-se retenção de conhecimento	O treinamento com simuladores para a realização de fibrobroncoscopia e intubação foi eficaz, com retenção de conhecimento

Continua...

**Tabela 3.** Estudos nos quais se examinaram métodos de treinamento com simuladores de broncoscopia. (Continuação...)

Estudo	Objetivo	População	Amostra	Método	Resultado	Conclusão
Bjerrum et al. <sup>(22)</sup>	Avaliar a eficácia da integração de exemplos de modelo ao treinamento com simuladores de broncoscopia	Estudantes de medicina	48	Estudo randomizado no qual se avaliou a eficácia da integração de exemplos de modelo ao treinamento com simuladores de broncoscopia, por meio de um pré-teste, um pós-teste e um teste de retenção após três semanas	Ambos os grupos apresentaram melhora significativa após o treinamento  No entanto, o grupo que recebeu exemplos de modelo saiu-se significativamente melhor que o grupo controle (p < 0,0001)	O uso de exemplos de modelo no treinamento com simuladores de broncoscopia foi eficaz

BSTAT: *Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool.*

A broncoscopia é um procedimento que gera aerossóis e pode, portanto, resultar em exposição ao vírus. Além disso, em casos de emergências médicas, tais como remoção de corpo estranho, obstrução das vias aéreas e atelectasias causadas por tampões de muco, pode não haver tempo suficiente para realizar testes de diagnóstico de COVID-19 no paciente. Situações desse tipo impelem os broncoscopistas a realizar o procedimento de modo rápido e eficiente, minimizando o tempo de exposição ao vírus e, consequentemente, a probabilidade de infecção.<sup>(24,25)</sup>

Estudos recentes avaliaram a transmissibilidade do SARS-CoV-2 entre broncoscopistas e revelaram um risco baixo de transmissão.<sup>(26,27)</sup> No entanto, é importante mencionar que se relatou estrita adesão às diretrizes preconizadas pela OMS e outras organizações, sendo a maioria dos procedimentos realizada em ambientes com pressão negativa, com todos os profissionais usando EPI, com bloqueio neuromuscular para evitar a tosse, com broncoscopia em apneia, com o uso de broncoscópios descartáveis e com um número reduzido de profissionais de saúde.<sup>(28)</sup> Essas situações exigem profissionais experientes e capazes de realizar o procedimento com rapidez.

Koehler et al. elaboraram um modelo de simulação para visualizar aerossóis, geração de gotículas e contaminação de superfícies por meio de uma solução fluorescente durante uma broncoscopia simulada.<sup>(29)</sup> Os autores encontraram evidências de geração de aerossóis, dispersão de gotículas e contaminação de superfícies; entretanto, o uso adequado de EPI e estratégias de segurança mitigaram os riscos de contaminação.<sup>(29)</sup>

As mudanças impostas pela COVID-19 exigem que os profissionais que venham a realizar uma broncoscopia se preparem antes de realizar o procedimento. A simulação permite que os profissionais expressem suas preocupações, discutam percepções a respeito da segurança e conforto tanto da equipe quanto do paciente e pratiquem modificações técnicas do procedimento. Os benefícios das simulações são notados com mais clareza em situações de broncoscopia de emergência, nas quais há relatos de que o treinamentos prévio melhora a comunicação e o planejamento operacional.<sup>(24)</sup>

Na era da COVID-19, os laboratórios de simulação ganharam importância em setores de saúde.<sup>(3)</sup> A simulação da broncoscopia permite o aprimoramento de habilidades básicas como conhecimento de anatomia, orientação espacial 3D e coordenação motora sem colocar os pacientes em risco, além de garantir a continuidade do processo de aprendizagem independentemente do estado da pandemia. Níveis mais baixos de estresse resultam em aprendizado mais eficiente, garantindo um desempenho eficaz em situações reais.<sup>(2)</sup>

## LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS

Uma das dificuldades em usar simulações virtuais é o custo. Modelos de simulação de baixa fidelidade custam entre US\$ 2.000,00 e US\$ 3.000,00. O custo

de elaboração e produção de um simulador a partir de impressão 3D pode variar de US\$ 5,00 a US\$ 100,00.<sup>(6)</sup> Por outro lado, simuladores virtuais podem custar até US\$ 100.000,00. Esse problema pode ser resolvido com a aquisição de um único equipamento para ser compartilhado por diferentes instituições.<sup>(9)</sup>

Outra limitação é a ausência ou disponibilidade limitada de simuladores pediátricos. Futuros simuladores devem incorporar múltiplos cenários, de modo a permitir que os aprendizes adquiram tanto a capacidade de tomar decisões como novas habilidades, além de proficiência básica.<sup>(17)</sup> No entanto, em virtude do impacto da pandemia de COVID-19 em 2020 e das dúvidas a respeito de quanto tempo a pandemia de COVID-19 durará, os laboratórios de simulação se tornaram uma necessidade. Os simuladores garantem a continuidade da aprendizagem independentemente do estado da pandemia, propiciando treinamento em situações clínicas diárias e em situações mais difíceis.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os simuladores no ensino e aprendizagem de broncoscopia são ferramentas úteis e interessantes para complementar o método convencional de ensino. Eles permitem que os aprendizes pratiquem em um ambiente livre de riscos e permitem que se

cometam erros. O treinamento com simuladores de broncoscopia atende à crescente necessidade médica de garantir um processo de ensino e aprendizagem eficaz e, ao mesmo tempo, a segurança dos pacientes. Além disso, a pandemia de COVID-19 ressaltou a importância da educação continuada em um ambiente seguro independentemente do estado da pandemia, permitindo que materiais e suprimentos sejam usados para combater o vírus.

São necessários mais estudos sobre broncoscopia simulada para tornar mais acessível essa promissora ferramenta de ensino. O aumento do uso dessa ferramenta em centros de treinamento tanto por médicos como por estudantes incentivará outros profissionais médicos a realizar esse procedimento durante e mesmo após a pandemia de COVID-19.

### CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

LMNV: revisão da literatura e redação do manuscrito; PAMC e CCI: redação e revisão crítica do manuscrito; LMNV, PAMC e CCI: aprovação da versão final para publicação.

### CONFLITOS DE INTERESSES

Nenhum conflito declarado.

### REFERÊNCIAS

1. Stather DR, Lamb CR, Tremblay A. Simulation in flexible bronchoscopy and endobronchial ultrasound: a review. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2011;18(3):247-256. <https://doi.org/10.1097/LBR.0b013e3182296588>
2. Gopal M, Skobodzinski AA, Sterbling HM, Rao SR, LaChapelle C, Suzuki K, et al. Bronchoscopy Simulation Training as a Tool in Medical School Education. *Ann Thorac Surg*. 2018;106(1):280-286. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.02.011>
3. Francom CR, Javia LR, Wolter NE, Lee GS, Wine T, Morrissey T, et al. Pediatric laryngoscopy and bronchoscopy during the COVID-19 pandemic: A four-center collaborative protocol to improve safety with perioperative management strategies and creation of a surgical tent with disposable drapes. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;134:110059. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110059>
4. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O 3rd. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest*. 2001;120(4):1333-1339. <https://doi.org/10.1378/chest.120.4.1333>
5. Ost D, DeRosiers A, Britt EJ, Fein AM, Lesser ML, Mehta AC. Assessment of a bronchoscopy simulator. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164(12):2248-2255. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.164.12.2102087>
6. Osswald M, Wegmann A, Greif R, Theiler L, Pedersen TH. Facilitation of bronchoscopy teaching with easily accessible low-cost 3D-printing. *Trends Anaesth Crit Care*. 2017;15:37-41. <https://doi.org/10.1016/j.tacc.2017.07.001>
7. Parotto M, Jansen JQ, AboTaiban A, Ioukhova S, Agzamov A, Cooper R, et al. Evaluation of a low-cost, 3D-printed model for bronchoscopy training. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2017;49(3):189-197. <https://doi.org/10.5603/AIT.a2017.0035>
8. Krall J, Ali M, Maslonka M, Pickens A, Bellinger C. Bronchoscopy in the COVID19 era. *Clin Pulm Med*. 2020;27(6):198-202. <https://doi.org/10.1097/CPM.0000000000000380>
9. Crawford SW, Colt HG. Virtual reality and written assessments are of potential value to determine knowledge and skill in flexible bronchoscopy. *Respiration*. 2004;71(3):269-275. <https://doi.org/10.1159/000077425>
10. Konge L, Arendrup H, von Buchwald C, Ringsted C. Using performance in multiple simulated scenarios to assess bronchoscopy skills. *Respiration*. 2011;81(6):483-490. <https://doi.org/10.1159/000324452>
11. Davoudi M, Osann K, Colt HG. Validation of two instruments to assess technical bronchoscopic skill using virtual reality simulation. *Respiration*. 2008;76(1):92-101. <https://doi.org/10.1159/000126493>
12. Colella S, Søndergaard Svendsen MB, Konge L, Svendsen LB, Sivapalan P, Clementsen P. Assessment of competence in simulated flexible bronchoscopy using motion analysis. *Respiration*. 2015;89(2):155-161. <https://doi.org/10.1159/000369471>
13. Colt HG, Davoudi M, Murgu S, Zamanian Rohani N. Measuring learning gain during a one-day introductory bronchoscopy course. *Surg Endosc*. 2011;25(1):207-216. <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1161-4>
14. Veaudor M, Géronière L, Souquet PJ, Druette L, Martin X, Vergnon JM, et al. High-fidelity simulation self-training enables novice bronchoscopists to acquire basic bronchoscopy skills comparable to their moderately and highly experienced counterparts. *BMC Med Educ*. 2018;18(1):191. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1304-1>
15. Wahidi MM, Silvestri GA, Coakley RD, Ferguson JS, Shepherd RW, Moses L, et al. A prospective multicenter study of competency metrics and educational interventions in the learning of bronchoscopy among new pulmonary fellows. *Chest*. 2010;137(5):1040-1049. <https://doi.org/10.1378/chest.09-1234>
16. Rowe R, Cohen RA. An evaluation of a virtual reality airway simulator. *Anesth Analg*. 2002; 95(1):62-66. <https://doi.org/10.1097/0000539-200207000-00011>
17. Sokouti M, Rezaei P, Ghojzadeh M, Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, et al. 195: Systematic review and meta-analysis on the study of bronchoscopy training based on virtual reality simulation. *BMJ Open*. 2017;7(Suppl 1).
18. Nilsson PM, Naur TMH, Clementsen PF, Konge L. Simulation in bronchoscopy: current and future perspectives. *Adv Med Educ Pract*. 2017;8:755-760. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S139929>
19. Bjerrum AS, Eika B, Charles P, Hilberg O. Distributed practice. The more the merrier? A randomised bronchoscopy simulation study.

- Med Educ Online. 2016;21:30517. <https://doi.org/10.3402/meo.v21.30517>
20. Bjerrum AS, Eika B, Charles P, Hilberg O. Dyad practice is efficient practice: a randomised bronchoscopy simulation study. *Med Educ*. 2014;48(7):705-712. <https://doi.org/10.1111/medu.12398>
  21. K Latif R, Bautista A, Duan X, Neamtu A, Wu D, Wadhwa A, et al. Teaching basic fiberoptic intubation skills in a simulator: initial learning and skills decay. *J Anesth*. 2016;30(1):12-19. <https://doi.org/10.1007/s00540-015-2091-z>
  22. Bjerrum AS, Hilberg O, van Gog T, Charles P, Eika B. Effects of modelling examples in complex procedural skills training: a randomised study. *Med Educ*. 2013;47(9):888-898. <https://doi.org/10.1111/medu.12199>
  23. Bhojwani D, McNutt A. Simulation and the Surgeon during COVID-19: The Double 2s surgical emergency course. *Br J Surg*. 2021;108(Suppl 2):znab134.132. <https://doi.org/10.1093/bjs/znab134.132>
  24. Leitao DJ, Jones JLP. Pediatric rigid bronchoscopy and foreign body removal during the COVID-19 pandemic: case report. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2020;49(1):66. <https://doi.org/10.1186/s40463-020-00464-z>
  25. Soma M, Jacobson I, Brewer J, Blondin A, Davidson G, Singham S. Operative team checklist for aerosol generating procedures to minimise exposure of healthcare workers to SARS-CoV-2. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;134:110075. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110075>
  26. Torrego A, Pajares V, Fernández-Arias C, Vera P, Mancebo J. Bronchoscopy in Patients with COVID-19 with Invasive Mechanical Ventilation: A Single-Center Experience. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;202(2):284-287. <https://doi.org/10.1164/rccm.202004-0945LE>
  27. Gao CA, Bailey JI, Walter JM, Coleman JM, Malsin ES, Argento AC, et al. Bronchoscopy on Intubated Patients with COVID-19 Is Associated with Low Infectious Risk to Operators. *Ann Am Thorac Soc*. 2021;18(7):1243-1246. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202009-1225RL>
  28. Saha BK, Chaudhary R, Saha S, Bonnier A, Chong WH, Chenna P. Bronchoscopy During Coronavirus Disease 2019 Pandemic: A Bronchoscopist's Perspective. *Crit Care Explor*. 2021;3(9):e0522. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000522>
  29. Koehler P, Cornely OA, Kochanek M. Bronchoscopy safety precautions for diagnosing COVID-19 associated pulmonary aspergillosis-A simulation study. *Mycoses*. 2021;64(1):55-59. <https://doi.org/10.1111/myc.13183>