

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Medicina**

**ANÁLISE DO MODELO DE APRENDIZAGEM EM BRONCOFIBROSCOPIA EM  
SIMULADORES COM ESTUDANTES DE MEDICINA**

**LAIS MEIRELLES NICOLIELLO VIEIRA**

**Belo Horizonte**

**2022**

**Lais Meirelles Nicoliello Vieira**

**ANÁLISE DO MODELO DE APRENDIZAGEM EM BRONCOFIBROSCOPIA EM  
SIMULADORES COM ESTUDANTES DE MEDICINA**

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor.

Área de Concentração: Saúde da Criança e do Adolescente.

Linha de Pesquisa: Aspectos Gerais de Ensino e Assistência Pediátrica.

Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente.

Orientador: Prof. Cássio da Cunha Ibiapina.

Coorientador: Prof. Leandro Fernandes Malloy-Diniz.

**Belo Horizonte**

**2022**

V658a Vieira, Lais Meirelles Nicolielo.  
Análise do modelo de aprendizagem em Broncofibroscopia em simuladores com estudantes de medicina [recursos eletrônicos]. / Lais Meirelles Nicolielo Vieira. - - Belo Horizonte: 2022.  
128f.: il.  
Formato: PDF.  
Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): Cassio da Cunha Ibiapina.  
Coorientador (a): Leandro Fernandes Malloy-Diniz.  
Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente.  
Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Broncoscopia. 2. Ciência Cognitiva. 3. Treinamento por Simulação. 4. Dissertação Acadêmica. I. Ibiapina, Cassio da Cunha. II. Malloy-Diniz, Leandro Fernandes. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: WF 500

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697

## UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Reitora:** Prof<sup>ª</sup>. Sandra Regina Goulart de Almeida

**Vice-Reitor:** Prof. Alessandro Fernandes Moreira

**Pró-Reitor de Pós-Graduação:** Prof<sup>ª</sup>. Isabela Almeida Pordeus

**Pró-Reitor de Pesquisa:** Prof. Fernando Marcos dos Reis

**Diretor da Faculdade de Medicina:** Prof<sup>ª</sup>. Alamanda Kfoury Pereira

**Vice-Diretora da Faculdade de Medicina:** Prof<sup>ª</sup>. Cristina Gonçalves Alvim

**Coordenador do Centro de Pós-Graduação:** Prof. Tarcizo Afonso Nunes

**Subcoordenador do Centro de Pós-Graduação:** Prof<sup>ª</sup>. Eli Iola Gurgel Andrade

**Chefe do Departamento de Pediatria:** Prof<sup>ª</sup>. Laura Maria de Lima Belizario Facury Lasmar

**Subchefe do Departamento de Pediatria:** Prof<sup>ª</sup>. Márcia Gomes Penido Machado

**Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente:** Prof<sup>ª</sup>. Roberta Maia de Castro Romanelli

**Subcoordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente:** Prof<sup>ª</sup>. Débora Marques de Miranda

**Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente**

Prof<sup>ª</sup>. Ana Cristina Simões e Silva

Prof<sup>ª</sup>. Débora Marque de Miranda

Prof<sup>ª</sup>. Cláudia Regina Lindgren Alves

Prof<sup>ª</sup>. Juliana Gurgel Giannetti

Prof<sup>ª</sup>. Lêni Márcia Anchieta

Prof<sup>ª</sup>. Roberta Maia de Castro Romanelli

Prof. Sérgio Veloso Brant Pinheiro

Prof<sup>ª</sup>. Laura Rangel Drumond de Menezes



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE MEDICINA - CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE  
SAÚDE DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE  
FOLHA DE APROVAÇÃO  
ANÁLISE DO MODELO DE APRENDIZAGEM EM BRONCOFIBROSCOPIA EM  
SIMULADORES COM ESTUDANTES DE MEDICINA

LAÍS MEIRELLES NICOLIELLO VIEIRA

Tese defendida em 07 de julho de 2022, como requisito para obtenção do grau de Doutora em CIÊNCIAS DA SAÚDE, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde-Saúde da Criança e do Adolescente e **APROVADA** pela Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação supramencionado da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes Professores Doutores: Cássio da Cunha Ibiapina – Orientador (UFMG), Denise Utsch Goncalves (UFMG), Rachel Aparecida Ferreira Fernandes (UFMG), Paulo Fernando Souto Bittencourt (FHEMIG), Alexandre Sampaio Moura (UNIFENAS).

Belo Horizonte, 07 de julho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Fernando Souto Bittencourt, Usuário Externo**, em 08/07/2022, às 18:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cassio da Cunha Ibiapina, Professor do Magistério Superior**, em 09/07/2022, às 07:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Utsch Goncalves, Professora do Magistério Superior**, em 09/07/2022, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Sampaio Moura, Usuário Externo**, em 11/07/2022, às 08:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rachel Aparecida Ferreira Fernandes, Professora do Magistério Superior**, em 11/07/2022, às 08:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1581710** e o código CRC **60093E47**.

## RESUMO

A broncoscopia é o exame endoscópico das vias aéreas indispensável na propedêutica pneumológica. Trata-se de procedimento complexo que requer o domínio de habilidades cognitivas e motoras para sua adequada realização. O aprendizado de procedimentos médicos é um processo complexo e atrelado a múltiplos fatores, como habilidade do aluno, eficácia do professor e interação aluno-professor. Para adequado aprendizado de habilidades, os alunos necessitam adquirir aspectos essenciais ao treinamento processual, como compreensão das indicações e contraindicações, risco-benefício, além de identificar suas próprias limitações. Baseado na Teoria da Carga Cognitiva (TCC), surgem modelos educacionais a fim de facilitar o aprendizado de iniciantes. Um deles é conhecido como *modelling example*, pelo qual o aprendizado ocorre a partir da observação de modelos (presenciais ou por vídeo), permitindo ao aluno entender o conceito abstrato da tarefa a ser aprendida. Uma das formas propostas para avaliação da retenção do conhecimento adquirido de determinada habilidade é por meio da aplicação do teste de fluência verbal semântica. Trata-se de teste validado e amplamente utilizado para avaliação cognitiva. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou a metodologia de ensino *modelling example* no ensino de broncoscopia virtual em simulador com estudantes de medicina e a retenção do conhecimento em curto prazo (logo após o treinamento), médio prazo (quinze dias após o treinamento) e em longo prazo (doze meses após o treinamento), a partir das métricas do próprio simulador. Avaliou-se a carga cognitiva despendida para o aprendizado por meio da aplicação da escala validade de Paas. Avaliou-se a retenção do conhecimento em longo prazo (após doze meses) por meio do teste de fluência verbal semântica. O treinamento em simulador foi eficaz para ambos os grupos ( $p < 0,05$ ). Houve manutenção do conhecimento em médio prazo, com resultados semelhantes ao pós teste ( $p > 0,05$ ). Entretanto, o grupo *modelling example* apresentou desempenho superior ao grupo-controle nessas duas fases em todas as medidas avaliativas ( $p < 0,001$ ). Após 12 meses houve declínio das habilidades em ambos os grupos, mas o grupo *modelling example* apresentou desempenho superior ( $p < 0,001$ ). O treinamento no simulador proporcionou redução da carga cognitiva, porém com valor estatisticamente menor no grupo *modelling example* ( $p < 0,001$ ), conforme postula a TCC. Em relação a retenção do conhecimento em longo prazo, observou-se que o grupo *modelling example* apresentou maior número de acertos, uma rede menos densa, com mais links e diâmetro maior no teste de fluência verbal semântico. Dessa forma, observou-se que o emprego da metodologia de ensino *modelling example* permitiu retenção do conhecimento em broncoscopia em simulador em curto e médio prazo, associado à redução da carga cognitiva para seu aprendizado. Houve declínio das habilidades após doze meses sem treinamento, porém com resultados superiores em relação ao grupo-controle. Ademais, o teste de fluência verbal semântica evidenciou uma rede cognitiva de aprendizado em longo prazo melhor no grupo *modelling example*.

Palavras-chave: Broncoscopia. Carga Cognitiva. *Modelling Example*. Simulador. Fluência Verbal.

## ABSTRACT

Bronchoscopy is the endoscopic examination of the airways essential for pneumological propaedeutic. It is a complex procedure that requires domains of cognitive and motor skills for its proper performance. Learning medical procedures is a complex process and attached to multiples factors, such as student skill, teacher effectiveness and student-teacher interaction. For adequate skill learning, students need to acquire essential aspects of procedural training, such as understanding indications and contraindications, risk-benefit, in addition to identifying their own limitations. Based on the Cognitive Load Theory (CLT), educational models emerge to facilitate the learning process of beginners. One of them is known as *modelling example*, in which learning occurs from the observation of models (in person or by video), allowing the student to understand the abstract concept of the task to be learned. One of the proposed form to assess the retention of acquired knowledge of a certain skill is through the application of the semantic verbal fluency test. It is a validated and widely used test for cognitive assessment. In this context, the present study evaluated the *modelling example* methodology in the teaching of virtual bronchoscopy in a simulator with medical students and the retention of knowledge in the short term (right after training), medium term (fifteen days after training) and in long term (twelve months after training), based on the metrics of the simulator. The Paas validity scale evaluated the cognitive load spent on learning. The long-term retention of knowledge (after twelve months) was evaluated by the semantic verbal fluency test. Simulation-based training was effective for both groups ( $p < 0.05$ ). Knowledge was retained in the medium term as the results were similar to the post-test results ( $p > 0.05$ ). However, the *modelling example* group outperformed the control group in these two phases in all measures ( $p < 0.001$ ). After 12 months, there was a decline in skill in both groups, but the intervention group performed better ( $p < 0.001$ ). Simulation-based training reduced cognitive load, but the modeling example group presented a statistically lower value ( $p < 0.001$ ), as postulated by CLT. The semantic verbal fluency showed a better cognitive learning in the *modelling example* group regarding long-term knowledge retention, with higher number of correct answers, a less dense net, more links and a larger diameter. Thus, it was observed that using the *modelling example* methodology allowed the retention of knowledge in bronchoscopy in a simulator in the short and medium term, associated with the reduction of the cognitive load for the learning. There was a decline in skills after twelve months without training, but with superior results compared to the control-group. Furthermore, the semantic verbal fluency test showed a better cognitive net for long-term learning in the *modelling example* group.

Keywords: Bronchoscopy. Cognitive Load. Modeling Example. Simulator. Verbal Fluency.

## AGRADECIMENTOS

Durante minha caminhada na construção deste projeto, pude contar com a ajuda e colaboração de várias pessoas, tornando meu percurso mais leve e agradável.

Ao meu orientador, Professor Cássio Ibiapina, pelo incentivo, oportunidades, conselhos e orientações durante toda minha carreira profissional.

Ao coorientador, Professor Leandro Malloy-Diniz, pelo auxílio na construção do nosso estudo.

Ao Professor Paulo Camargos, pelo empenho e cooperação durante toda minha jornada na pneumologia, em especial na broncoscopia, desde a construção até a realização do projeto.

Ao Professor Paul Brand da Universidade de Groningen pela oportunidade de estar em sua equipe na Holanda no período de janeiro e fevereiro do ano de 2020, proporcionando novos aprendizados e experiências.

À toda equipe do grupo *Lifelong Learning, Education and Assessment Research Network* (LEARN) da Universidade de Groningen, a qual me acolheu com muito carinho durante minha estadia na Holanda e permitiu o enriquecimento do nosso projeto com várias ideias e sugestões.

À Professora Maria do Carmo Barros, pelo apoio irrestrito na utilização do Laboratório de Simulações (LabSim), fazendo com que nosso propósito se tornasse realidade.

Aos funcionários do LabSim, sempre dispostos e acessíveis, garantindo a execução de nossa pesquisa.

Aos acadêmicos de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por dedicarem parte de sua carga horária à participação do nosso estudo, mesmo diante de sua extensa grade curricular.

Aos alunos de iniciação científica, Olivia Grego, Pedro Mazzini, Luiz Gustavo Terra, Luisa Lima e Rhuan Braga, acadêmicos do curso de Medicina da UFMG, pela assistência e dedicação.

A Tia Pipi, pelas conversas, conselhos e auxílio na organização da parte técnica.

Aos amigos Guilherme Teixeira e Luciana Gomide, grandes parceiros que a Pneumologia me deu, pelos diálogos, ideais e incentivo.

Aos meus pais, Marcos e Ivana, por serem meu porto seguro, pelo amor e amparo. Sem eles, nada seria possível.

À Stela, minha irmã, pelo companheirismo e conversas.



Ao meu marido, Ricardo, sempre presente, paciente e compreensivo. Obrigada pelo amor, cumplicidade, apoio irrestrito e pelo “Calma, vai dar certo” de cada dia.

A minha família, sempre presente e acolhedora, assistindo e acompanhando de perto cada vitória e etapa vencida.

A Deus e Nhá Chica, por me proporcionarem o encontro com pessoas tão especiais na minha vida, iluminando meu caminho e tornando-me uma pessoa melhor. Meus eternos agradecimentos!

**Ao meu eterno médico de homens e de almas,  
Vô Ítalo.**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
ANOVA	Análise de variância
ANOVA-RM	Análise de variância por medidas repetidas
BSET	<i>Bronchoscopy Stepwise Evaluation Tool</i>
BSTAT	<i>Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool</i>
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
<b>CLC</b>	<i>Cognitive Load Component</i>
COEP	Comitê de Ética e Pesquisa
COVID-19	Doença do coronavírus 19
DC	Desempenho de concentração
dp	Desvio-padrão
D2-r	Teste d2 revisado
E%	Porcentagem de erros
EDA	Endoscopia digestiva alta
EEG	Eletroencefalograma
EO	Erros de omissão
EPI	Equipamentos de proteção individual
ET	Erros de troca
EUA	Estados Unidos da América
FM	Faculdade de Medicina
IQR	Intervalo interquartil
LabSim	Laboratório de Simulações
LEARN	<i>Lifelong Learning, Education and Assessment Research Network</i>
NASA-TLX	<i>Nasa Task Load Index</i>
OAP	Objetos-alvo processados
OED	Objeto Educacional Digital
OR	<i>Odds ratio</i>
Q	Quartil
QI	Quociente de inteligência
SE	<i>Self-explanation</i>
TCC	Teoria da Carga Cognitiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TRI	Teoria de Resposta ao Item
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
WE	<i>Worked Example</i>
WMT2	Teste das Matrizes Progressivas de Viena

## SUMÁRIO<sup>1</sup>

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 O ensino em broncoscopia.....	17
2.2 Carga cognitiva.....	22
2.2.1 Sistema de memória e teoria da carga cognitiva.....	22
2.2.2 Mensuração da carga cognitiva.....	26
2.3 Worked example.....	30
2.3.1 História e desenvolvimento do worked example.....	32
2.3.2 Aprendizado observacional de modelos: modelling example.....	33
2.3.3 Aplicabilidade do worked example .....	35
2.4 Avaliação da cognição.....	37
2.5 Feedback na Educação Médica .....	39
3 JUSTIFICATIVA.....	43
4 HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	44
4.1 Hipótese principal.....	44
4.2 Objetivo geral.....	44
4.3 Objetivos específicos.....	44
5 METODOLOGIA.....	45
5.1 Desenho do estudo.....	45
5.2 Participantes.....	45
5.2.1 Recrutamento dos estudantes.....	46
5.2.2 Critérios de inclusão.....	47
5.2.3 Critérios de exclusão.....	47
5.3 Local da coleta de dados.....	47

---

<sup>1</sup> Este trabalho foi revisado com base nas novas regras ortográficas aprovadas pelo Acordo Ortográfico assinado entre os países que integram a Comunidade de Países de Língua Portuguesa (CPLP), em vigor no Brasil desde 2009. E foi formatado de acordo com a ABNT NBR 14724 de 2019. As referências seguiram o estilo de Vancouver.

5.4 Termo de consentimento livre e esclarecido.....	48
5.5 Procedimentos.....	48
5.5.1 Alocação dos estudantes nos grupos de estudo.....	48
5.5.2 Simulador em broncoscopia utilizado e suas características.....	48
5.5.3 Preparação para o projeto principal.....	52
5.5.4 Escolha do tema.....	52
5.5.5 Seleção dos casos clínicos.....	53
5.5.6 Utilização de feedback estruturado.....	53
5.5.7 Escala de carga cognitiva.....	54
5.5.8 Uso do aparelho de eletroencefalograma portátil (EMOTIV®).....	55
5.5.9 Teste de quociente de inteligência.....	57
5.5.10 Teste de atenção.....	58
5.5.11 Teste de fluência verbal.....	59
5.6 Proposta do estudo.....	60
5.6.1 Tarefa a ser executada.....	61
5.6.2 Programa de treinamento e intervenção realizada.....	62
5.6.3 Medidas de resultado.....	63
5.7 Análise estatística.....	64
5.7.1 Variáveis do estudo.....	64
5.7.2 Estatísticas descritivas e inferenciais.....	65
5.7.3 Teste <i>t</i> de student para amostras independentes.....	66
5.7.4 Teste do qui-quadrado de Pearson.....	66
5.7.5 Teste de Friedman.....	67
5.7.6 Teste de Mann-Whitney.....	67
5.7.7 Probabilidade de significância ( <i>p</i> ).....	68
5.8 Aspectos éticos.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
6 RESULTADOS.....	77
6.1 Artigo 1: Treinamento com simuladores de broncoscopia no mundo pós-pandemia.....	78

6.2 Artigo 2: Treinamento de broncofibroscopia em simulador: estudo randomizado comparando <i>Modelling Example</i> e Videoaula.....	93
6.3 Artigo 3: Fluência verbal semântica na avaliação do aprendizado de broncofibroscopia em simulador .....	110
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
8 OUTROS RESULTADOS E PERSPECTIVAS DA PESQUISA.....	122
ANEXO E APÊNDICES.....	124

## 1 INTRODUÇÃO

O aprendizado de procedimentos médicos é um processo complexo e atrelado a múltiplos fatores, como habilidade do aluno, eficácia do professor, interação aluno-professor e o contexto em que está inserido. Para adequado aprendizado de habilidades, os alunos necessitam adquirir outros aspectos essenciais ao treinamento processual, como compreensão das indicações e contraindicações, risco-benefício, além de identificar suas próprias limitações<sup>1</sup>.

A broncoscopia é o exame endoscópico das vias aéreas que permite a visualização direta da anatomia, desde as fossas nasais até os brônquios distais. Trata-se de procedimento indispensável na propedêutica pneumológica, pois auxilia sobremaneira o diagnóstico de anormalidades anatômicas e outras doenças das vias aéreas, além de possibilitar a coleta de material por meio de biópsia ou lavado broncoalveolar<sup>2</sup>.

A realização desse exame engloba aspectos heterogêneos e multifacetados, tais como: conhecimento da anatomia das vias aéreas, indicações para realização do exame, diagnósticos possíveis por meio desse procedimento e tratamentos a serem realizados, como o lavado broncoalveolar terapêutico e lavado pulmonar total (como é o caso da proteinose alveolar) ou a retirada de corpo estranho<sup>3</sup>.

Assim, o domínio em broncoscopia está relacionado à destreza do aprendiz, à sua coordenação, visualização tridimensional e capacidade de tomada de decisões rápidas. Nesse contexto, o treinamento em simuladores de broncoscopia permite um ambiente isento de riscos, oportunidades para repetição, correção de erros e aprendizagem individualizada, auxiliando o processo educacional<sup>4,5</sup>.

A metodologia de ensino para tal habilidade tem sido cada vez mais estudada. A utilização de aulas expositivas como ferramenta pedagógica principal vem sendo reavaliada, uma vez que promove transferência passiva de informações, produzindo pouco ganho cognitivo<sup>6</sup>. Além disso, estudos recentes demonstram que a capacidade de concentração dos alunos em aulas expositivas não ultrapassa 20 minutos<sup>7</sup>.

Dessa forma, novas metodologias centradas no aluno vêm sendo desenvolvidas. Segundo Malcolm *et al.*<sup>8</sup>, o aprendizado do adulto é definido por sua capacidade de direcionamento do seu próprio aprendizado, capacidade de aprender com experiências vividas, necessidade de aprendizado em sociedade, devendo ser centrado no problema e internamente motivado a aprender. Assim, observa-se a possibilidade de desenvolvermos



modelos educacionais capazes de promover o aprendizado de habilidades duradouras, fundamental na formação de estudantes de Medicina<sup>8</sup>.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O ensino em broncoscopia

A broncoscopia é um procedimento pulmonar de extrema relevância e amplamente difundido, realizado por diversas especialidades, como Pneumologia, Otorrinolaringologia, Cirurgia Torácica e Pediatria, o que torna imprescindível o treinamento em sua formação. Pode-se utilizar o broncoscópio rígido ou flexível, sendo o último mais comumente indicado e utilizado. Suas indicações são múltiplas, entre elas: inspeção da via aérea, identificação e retirada de corpo estranho, tratamento de determinadas doenças, acesso à via aérea de difícil manejo, além da possibilidade de realização de biópsias<sup>9</sup>.

Trata-se de um procedimento complexo, cuja realização requer do profissional o domínio e a utilização integrada de habilidades cognitivas e técnicas diversas. O método tradicional e amplamente utilizado no ensino dessa habilidade é conhecido como “*see one, do one, teach one*”, no qual os aprendizes realizam o procedimento diretamente no paciente, acompanhados por um ou mais profissionais experientes na qualificação de novos broncoscopistas<sup>10</sup>. Trata-se de metodologia comprovadamente eficaz e responsável pela formação de excelentes profissionais ao longo do tempo. Em contrapartida, devido à inexperiência do aprendiz, há risco de complicações, como sangramento e necessidade de repetição do exame caso não tenham sido identificadas lesões ou estruturas anatômicas, aumentando o tempo de procedimento<sup>11,12,13</sup>. Devem-se ressaltar os níveis de estresse e ansiedade dos estudantes em fases iniciais do aprendizado ao executarem o procedimento diretamente no paciente, o que pode comprometer seu processo de aprendizado<sup>14</sup>. Diante do exposto, por não haver a possibilidade de padronização dos casos, por se tratar da vida real, os aprendizes recebem diferentes experiências atreladas ao instrutor e aos casos clínicos a que são expostos<sup>15</sup>.

Contextualizando o cenário atual, a pandemia da doença do coronavírus 19 (COVID-19) trouxe importantes desafios para o sistema de saúde mundial e para a sociedade de maneira global. O ensino médico foi profundamente afetado devido às medidas de isolamento social e à necessidade de se priorizarem os equipamentos de proteção individual (EPI) para a linha de frente de combate ao vírus, impactando a realização de procedimentos cirúrgicos. Diante disso, o número de profissionais permitido em sala de exames foi reduzido, o que impede a potencialização do ensino tendo em vista a reduzida presença de aprendizes. E devido à necessidade de gerenciamento de medicações, leitos e escala de profissionais, muitos

exames e procedimentos foram suspensos ou reduzidos, acarretando efeito direto no processo de aprendizagem de novos broncoscopistas. Em suma, evidencia-se o ganho de importância dos laboratórios de simulação, até pouco tempo atrás subutilizados em algumas universidades, despontando como ferramenta de extremo valor no processo de ensino-aprendizagem de alunos das áreas de saúde em todo o mundo<sup>16</sup>.

Os avanços tecnológicos ao longo dos anos, aliados ao desenvolvimento do conhecimento técnico na área médica, permitiram a criação de diferentes tipos de simuladores, proporcionando treinamento prévio aos aprendizes das mais diversas especialidades<sup>17,18</sup>. No entanto, a evolução da Medicina durante boa parte do século XX não foi acompanhada da ampliação do uso da simulação como ferramenta do processo ensino-aprendizagem dos médicos em formação<sup>17</sup>. No ensino em broncoscopia, no início de 1990, foi descrito o uso de modelos animais para a prática e aquisição dessa habilidade complexa<sup>19</sup>. Com o desenvolvimento tecnológico e o surgimento dos simuladores em broncoscopia no século XXI, o ensino dessa habilidade tem se adaptado às evoluções didáticas e tecnológicas recentes, absorvendo e adaptando estratégias e equipamentos para a formação desse conhecimento.

Atualmente diversas ferramentas são utilizadas na simulação em broncoscopia, sendo estas alocadas em três grupos: "simulação em animais", "simuladores *low fidelity*" e "simuladores *high fidelity*".

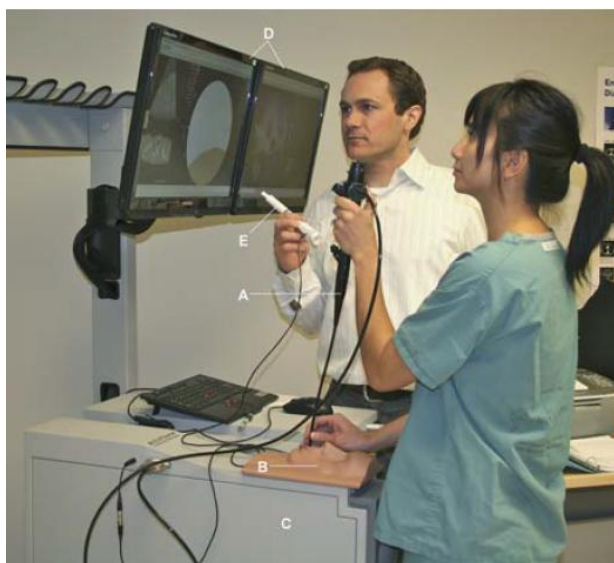
A estratégia para o treinamento de técnicas em broncoscopia que utiliza modelos animais é conhecida como *wet lab simulation*. Entre suas vantagens está o realismo das estruturas anatômicas, além da possibilidade de utilização do broncoscópico original em sua realização<sup>20</sup>. Como desvantagens citam-se as questões éticas envolvidas na utilização de animais para o treinamento humano, o alto custo para a criação e manutenção desses animais, além da danificação ao equipamento broncoscópico<sup>3</sup>.

A simulação denominada *low fidelity* consiste no uso de vias aéreas artificiais, que utilizam mecânica inanimada, nas quais são introduzidos equipamentos broncoscópicos reais. Trata-se de alternativas de baixo custo em relação aos simuladores virtuais e que permitem a utilização do broncoscópico real<sup>21</sup>. Por outro lado, aumenta-se a probabilidade de danos ao aparelho e não apresenta tanto realismo (FIG. 1).

Figura 1. Modelo de simulador *low fidelity*

Fonte: Stather *et al.*<sup>3</sup>.

Por fim, a simulação do tipo *high fidelity* baseia-se no uso de computadores para a projeção virtual das vias aéreas. Trata-se de aparelho constituído por uma haste broncoscópica flexível, um computador com monitor e *software* para simulação do procedimento. Há, ainda, um *hardware* para detecção dos movimentos executados pelo operador da máquina, que é capaz de simular a resistência mecânica do exame real, tosse e movimentos respiratórios do paciente. Ao término do exame, o aparelho fornece métricas relativas ao desempenho do aprendiz, permitindo *feedback* imediato (FIG. 2). Dessa forma, trata-se de simulação de extrema realidade, garantindo ao aprendiz ambiente seguro e adequado ao seu aprendizado. Entretanto, esse tipo de simulação ainda apresenta como desvantagem o alto custo no mercado<sup>22</sup>.

Figura 2. Modelo de simulador *high fidelity*

Simulador de Broncoscopia AccuTouch®  
Fonte: Stather *et al.*<sup>3</sup>.

Apesar do desenvolvimento e aperfeiçoamento dos simuladores em broncoscopia, o ensino dessa técnica ainda não é padronizado, sendo o treinamento de cada broncoscopista variável de acordo com a instituição de ensino a que pertence. Alguns programas oferecem treinamento com modelos de simulação de baixa ou alta fidelidade, enquanto os mais tradicionais realizam o treinamento diretamente com pacientes.

Ainda hoje existem poucas diretrizes com o propósito de estabelecer o treinamento em broncoscopia. No passado, recomendava-se que médicos em treinamento realizassem pelo menos 100 procedimentos em pacientes, em ambiente supervisionado, para atingirem a competência básica<sup>23,24</sup>. Esse método isolado, entretanto, não é adequado para determinar a competência do broncoscopista em treinamento, devido às diferentes capacidades de assimilação das habilidades entre os aprendizes<sup>25</sup>. Algumas dessas diretrizes passaram por atualizações e hoje não indicam apenas um número mínimo de procedimentos a serem realizados, sob o argumento de que são geralmente arbitrárias, sendo recomendada a avaliação do crescimento individual de cada aprendiz em treinamento<sup>26</sup>. Em países onde não há um número mínimo de broncoscopias exigido para habilitação profissional, a avaliação dos profissionais em treinamento é subjetiva, sendo suas habilidades avaliadas por um supervisor já experiente, que julga se o broncoscopista novato está apto ou não à realização desse procedimento de maneira autônoma.

A heterogeneidade de métodos utilizados para o ensino acarreta a falta de padronização da avaliação da competência dos broncoscopistas em treinamento, sendo,

portanto, difícil comparar tais métodos em relação à sua eficácia. Percebe-se que há necessidade de reestruturação e padronização da metodologia de ensino em broncoscopia em detrimento à abordagem tradicional, a partir da criação de novos métodos avaliativos para aquisição dessa habilidade, não sendo baseado exclusivamente no número de procedimentos<sup>25</sup>.

Diante dos questionamentos expostos, pesquisadores têm avaliado os efeitos do uso de simuladores no treinamento de novos profissionais. Na atualidade, observam-se numerosas vantagens da aplicação dessa metodologia: o ensino de broncoscopia a partir de um simulador permite ao estudante aperfeiçoar suas habilidades em ambiente protegido e seguro, no qual quaisquer possíveis erros não acarretam repercussões graves. Assim, instrutor e aluno podem construir juntos o conhecimento, a partir de níveis inferiores de estresse emocional, tornando o aprendizado mais eficiente e tranquilo<sup>13,27,28</sup>. Além disso, tal método possibilita ao aprendiz aprimorar habilidades básicas necessárias à realização da broncoscopia, como conhecimento da anatomia das vias aéreas, orientação espacial tridimensional e coordenação motora, sem colocar pacientes em risco<sup>13,14</sup>. Observando-se a nossa realidade, diante da pandemia da COVID-19 faz-se essencial sua utilização a fim de suprimir possíveis defasagens.

Assim, novos estudos acerca de metodologias de ensino com a utilização de tal ferramenta foram surgindo, com o objetivo de proporcionar adequado aprendizado. Sabe-se que para se otimizar o treinamento de habilidades, métodos flexíveis e viáveis são necessários, sendo imprescindível identificar o formato mais adequado para a utilização desse instrumento como estratégia no processo de aprendizagem.

As evidências que amparam o uso de simuladores de broncoscopias no treinamento de residentes e broncoscopistas em fases iniciais são crescentes. Por outro lado, pouco se sabe acerca do impacto desse treinamento na formação de estudantes de Medicina. Apesar de sua grande relevância, o procedimento não está inserido no treinamento dos estudantes, embora eles possam se beneficiar desse recurso para revisão e conhecimento da anatomia da via aérea, desenvolvimento de habilidades técnicas manuais, além de ser uma possibilidade de conhecer o procedimento e despertar o interesse na área para seu futuro profissional.

Isso posto, observa-se que a broncoscopia trata-se de uma habilidade complexa, com necessidade de coordenação de múltiplos movimentos manuais simultaneamente à capacidade de rápida tomada de decisão, baseada na clínica do paciente durante o exame, o que torna imprescindível a utilização de metodologias de ensino que facilitem o processo.

## 2.2 Carga cognitiva

### 2.2.1 Sistema de memória e teoria da carga cognitiva

Tarefas com alta interatividade de elementos, como o aprendizado em broncoscopia, são difíceis de serem entendidas e podem demandar alta carga cognitiva, uma vez que o aprendiz deve lidar com vários elementos simultaneamente.

A carga cognitiva é definida como um construto multidimensional que representa a carga imposta ao sistema cognitivo, em decorrência da realização de uma tarefa em particular. É representada por fatores causais (aqueles que produzem determinada carga cognitiva) e fatores passíveis de avaliação (fatores que são afetados pela carga cognitiva) e baseada na arquitetura cognitiva, a qual é limitada pela capacidade de processamento e armazenamento de informações da memória de trabalho (visuais, auditivas e verbais), que interage com a virtualmente ilimitada memória de longo prazo<sup>29</sup>.

A arquitetura da memória humana apresenta um modelo no qual se identificam três sistemas: memória sensorial, memória de trabalho (operacional ou de curta duração) e memória de longo prazo<sup>30</sup>. A memória sensorial é aquela capaz de capturar e processar múltiplas informações simultaneamente, sejam elas visuais, auditivas, táteis ou olfatórias. É, porém, uma memória fugaz, uma vez que a retenção das informações dura menos de um segundo. A memória de trabalho relaciona-se a um sistema de memória de curto prazo, de capacidade limitada, permitindo o armazenamento de cinco a nove informações, conhecido como “sete mais ou menos dois”. Está envolvida, simultaneamente, no processamento e armazenamento temporário de informação, sendo capaz de reter as novas informações por curto prazo (em torno de 20 a 30 segundos) em resposta às modificações elétricas transitórias nas redes neurais, que codificam os novos dados e os compara aos conhecimentos prévios.

Os córtices frontal, parietal e partes do gânglio da base são cruciais para seu funcionamento<sup>31</sup>. Esse sistema tem recebido atenção especial dos pesquisadores em decorrência de seu impacto na aprendizagem, uma vez que permite o armazenamento e a manipulação temporária de informações verbais ou visuais necessárias para tarefas complexas, como a compreensão, aprendizado, raciocínio e planejamento. Assim, durante a execução de determinada tarefa, a memória de trabalho deve ser capaz de identificar informações relevantes para sua execução e descartar aquelas irrelevantes. Após esse processo, devem-se organizar as informações retidas em esquemas e grupos de elementos, liberando unidades psicológicas para a codificação e processamento de novas informações. Já

a memória de longo prazo é aquela que armazena informações por longos períodos de tempo: meses, anos ou até mesmo décadas. É diferenciada estrutural e funcionalmente da memória de trabalho, que aparentemente armazena elementos por cerca de 20-30 segundos. No entanto, a memória de longo prazo está intimamente relacionada à memória de curto prazo, já que os elementos que são armazenados por curto período de tempo podem se converter em lembrança de longo prazo por meio do processo de associação significativa.

Acredita-se que a repetição de tarefas utilizando a memória de trabalho promova mudanças estruturais persistentes nas sinapses nervosas que consolidam os esquemas formados na memória de longo prazo e favorecem a aprendizagem significativa<sup>32</sup>. Para o adequado processo de aprendizado, são fundamentais a construção e a consolidação de esquemas mentais (ou *scripts*) e sua posterior automatização, liberando espaço para o conhecimento e elaboração de novos esquemas.

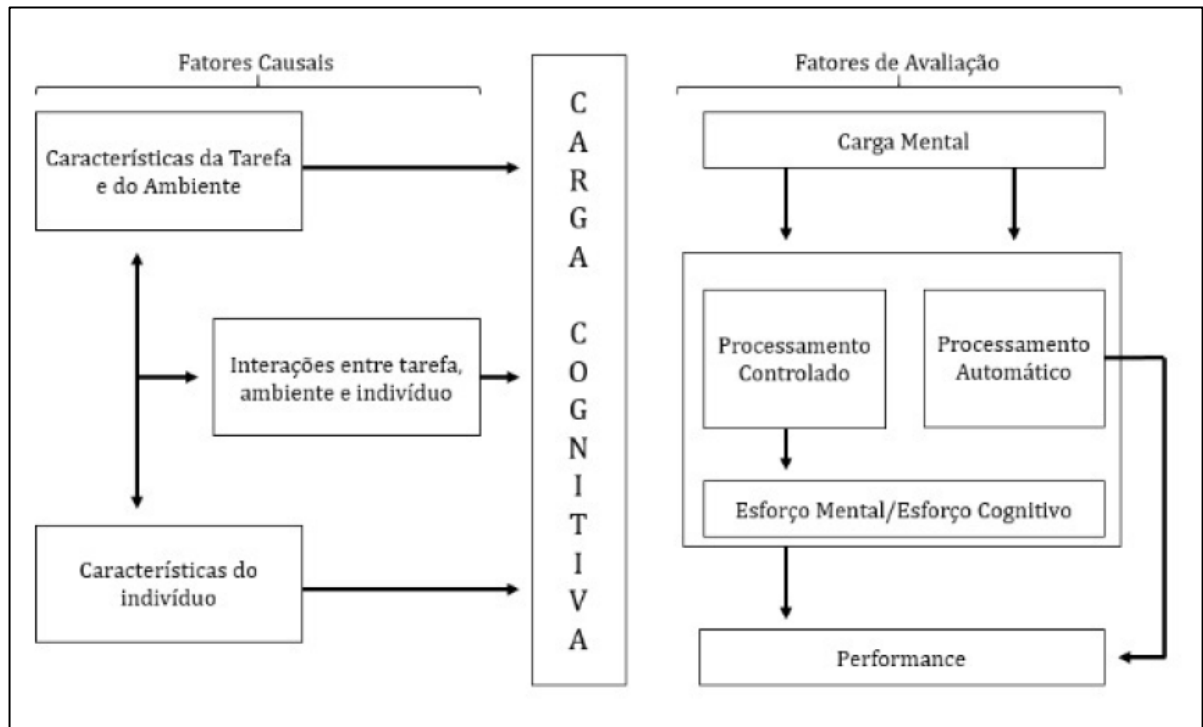
Nessa linha, na década de 80, desenvolveu-se a teoria da carga cognitiva, a qual demonstra uma ligação da limitada capacidade de memória de trabalho com a infindável capacidade de retenção de informações na memória de longo prazo e que essa limitação na capacidade de reter e manipular itens em curto prazo gera a necessidade de alocar recursos cognitivos para a manutenção e manipulação dessas informações. Esse fato se relaciona à capacidade dos indivíduos em promover o agrupamento de informações em esquemas que facilitam a automatização do conhecimento<sup>31</sup>. O principal foco dessa teoria está na compreensão de como as limitações da memória de trabalho influenciam a habilidade dos indivíduos em gerenciar seus recursos mentais para determinado fim (por exemplo: aprendizagem), diante de tarefas que demandam mais ou menos dessa capacidade. Com isso, percebe-se que o conhecimento da memória de trabalho e suas limitações são importantes ao projetarem-se instruções aos aprendizes no processo de desenvolvimento do ensino-aprendizagem<sup>31</sup>.

A teoria da carga cognitiva divide a carga cognitiva em três categorias: a) carga intrínseca: está relacionada às próprias características do conteúdo a ser aprendido, é a carga imposta pela tarefa a ser executada, a demanda de recursos cognitivos para se aprender algo; b) carga extrínseca: refere-se aos recursos mentais direcionados a elementos que não contribuem para o aprendizado, ou seja, tal elemento aumenta a carga cognitiva global, mas não auxilia no aprendizado; c) carga relevante (*germane*): está relacionada à capacidade de o indivíduo formar esquemas cognitivos acerca das informações, em outras palavras, é a carga que permite o melhor manejo dos recursos mentais para a construção de esquemas, promovendo a automatização da aprendizagem<sup>33</sup>. Dessa maneira, observa-se que, para obter-



se adequado aprendizado, faz-se necessário o equilíbrio entre tais cargas, o que facilita e permite a construção de diagramas mentais e sua posterior automatização (FIG. 3).

Figura 3. Esquema da Teoria da Carga Cognitiva



Fonte: Alves *et al.*<sup>29</sup>.

Entretanto, no aprendizado de tarefas complexas, como o aprendizado em broncoscopia, a soma da carga intrínseca e extrínseca pode exceder a memória de trabalho e ocorrer sobrecarga cognitiva. Esse ônus ocorre quando a capacidade de memória e de utilização de recursos cognitivos é usada até sua exaustão, ou seja, o limiar de recursos cognitivos disponíveis para processar informações foi ultrapassado. Esse fato pode afetar os processos cognitivos em geral, como a memória, a atenção e a percepção, repercutindo, assim no processo de aprendizagem.

Por conseguinte, postula-se que, para o adequado aprendizado, principalmente para iniciantes, devem-se manejar adequadamente as três cargas cognitivas, facilitando e promovendo a construção de esquemas mentais. Uma das formas de aperfeiçoamento no processo ensino-aprendizagem é a redução da carga extrínseca, permitindo a otimização da carga relevante e promovendo melhorias na carga intrínseca. Essa situação pode se dar pela utilização de seis princípios de métodos instrucionais desenvolvidos para diminuir a carga extrínseca em iniciantes:

- a) *Goal free principle*: princípio que sugere substituir as tarefas com objetivos muito específicos por tarefas com propósitos mais amplos (por exemplo: o aprendiz deve indicar várias hipóteses diagnósticas e não apenas uma);
- b) *worked-example principle*: princípio pelo qual o ensino é promovido por meio de exemplos resolvidos da atividade a ser realizada;
- c) *completion principle*: no qual é ofertado ao aluno um esquema parcialmente resolvido, devendo ele completar as lacunas restantes;
- d) *split attention principle*: preconiza a substituição de várias fontes de informação que estão distribuídas simultaneamente em mesmo local por um sistema integrado e único de informação (por exemplo: uma única foto da anatomia do tórax destacando os principais pontos anatômicos e suas características, em vez de nomear os pontos anatômicos separadamente e em texto anexo destrinchar suas características);
- e) *modality principle*: princípio que propõe substituir o texto explicativo escrito e outra fonte visual de informação como um diagrama (unimodal) por um texto explicativo falado associado à fonte visual de informação (multimodal);
- f) e finalmente *redundancy principle*: princípio que recomenda a substituição de várias fontes de informação com conteúdo redundante por uma fonte segura e relevante<sup>34</sup>.

Em atividades altamente complexas, porém, mesmo após a remoção ou ajuste da carga extrínseca, a interatividade entre os elementos ainda pode ser muito alta para permitir o adequado aprendizado, sendo necessário o ajuste da carga intrínseca. Como tal carga é determinada pela interação entre a natureza do material a ser aprendido e a expertise do aprendiz, pode-se realizar a atividade em várias etapas, apresentando toda a complexidade da tarefa em uma fase posterior do aprendizado (abordagem conhecida como “parte-todo”). Outra forma de manejar a carga intrínseca é a exposição a uma variedade de sequência de tarefas ou soluções de problemas, facilitando a formação de esquemas mentais e aumento da carga relevante<sup>34</sup>.

Diante do exposto, verifica-se que estratégias eficazes no processo ensino-aprendizagem são aquelas que gerenciam adequadamente tais cargas, visando à otimização da carga intrínseca e à redução da carga extrínseca. Isso promove substancial aumento na carga relevante, melhorando o processo de ensino-aprendizagem, o que facilita a construção de esquemas mentais e sua automatização<sup>33</sup>.

### 2.2.2 Mensuração da carga cognitiva

Nesse contexto, torna-se importante a mensuração da carga cognitiva na realização de determinada tarefa para adequada avaliação da eficácia do método instrucional utilizado no processo de ensino-aprendizagem. Os fatores relacionados à sua avaliação são definidos por três diferentes dimensões: carga mental, o esforço mental (ou esforço cognitivo) e *performance*.

A carga mental é o aspecto da carga cognitiva que se origina da interação entre as características da tarefa e do ambiente, independentemente das particularidades do aprendiz. Já o esforço mental é a parte da carga cognitiva que se refere à capacidade cognitiva realmente alocada para acomodar as demandas impostas pela tarefa, ou seja, reflete a capacidade do indivíduo em realizar o processamento dessas informações, englobando todos os fatores causais (características da tarefa, do ambiente, do indivíduo e a relação entre elas). Assim, pode ser considerado um bom método de avaliação da carga cognitiva, uma vez que reflete a real carga cognitiva empenhada em determinada tarefa. Já a *performance* reflete as “conquistas” do aprendiz e o desempenho do indivíduo em realizar determinada tarefa<sup>31</sup>.

Teorias e estudos foram elaborados a fim de encontrar uma forma de avaliação da carga cognitiva por meio da mensuração dessas três dimensões (carga mental, esforço mental e *performance*). A partir disso, foram propostas formas de avaliação subjetivas (escalas), fisiológicas e aquelas baseadas na *performance* do aprendiz.

As escalas de autoavaliação da carga cognitiva despendida durante a realização de determinada tarefa podem ser unidimensionais (avaliação exclusiva do esforço mental) ou multidimensionais (que utilizam várias dimensões a serem avaliadas, como: *performance*, esforço mental, frustração e demanda da tarefa). Paas, em 1992, desenvolveu uma escala unidimensional de autoavaliação de esforço mental despendido durante o aprendizado em determinada tarefa, demonstrando que as pessoas são capazes de indicar confiavelmente sua carga mental percebida durante a realização de determinada habilidade. Por meio dessa escala o aprendiz reporta o grau de esforço mental despendido em uma tarefa em uma escala de um a nove, na qual um é o menor esforço mental e nove o maior grau de esforço mental. Trata-se de escala com boa sensibilidade, baixo custo, fácil aplicabilidade e confiável, independente da tarefa a ser executada, além de ser validada e ser difundida mundialmente<sup>35</sup>.

Estudos recentes na área de educação médica vêm utilizando essa escala para verificação da carga cognitiva durante o aprendizado de determinadas habilidades em

simuladores, como laparoscopia e cirurgia de quadril, evidenciando forte correlação com o desempenho dos aprendizes ( $p < 0,001$  e  $p < 0,0005$ , respectivamente)<sup>36,37</sup>.

A escala multidimensional disponível é conhecida como *Nasa Task Load Index* (NASA-TLX), desenvolvida em 1986 pelo *Human Perform Group* do *NASA AMES Research Center*. Essa ferramenta consiste na pontuação da carga de trabalho subjetiva baseada na média ponderada da avaliação de seis subescalas, sendo três demandas impostas ao aprendiz (demanda mental, física e temporal) e três dimensões referentes à interação entre o aprendiz e a tarefa (desempenho, esforço e frustração)<sup>38</sup>. Trata-se de escala validada e difundida. Entretanto, por ser extensa, sua viabilidade nem sempre é possível. Estudos recentes avaliaram seu emprego na mensuração da carga cognitiva no aprendizado em habilidades cirúrgicas, apresentando correlação com o desempenho dos participantes ( $p < 0,001$ )<sup>39,40</sup>. Diante da subjetividade presente na escala unidimensional (Paas) e multidimensional (NASA-TLX), pesquisa com vários cenários simulados em técnicas de anestesia investigou a interação entre essas formas de avaliação e apurou que os escores de todas as medidas correlacionaram-se significativamente entre si ( $p < 0,01$ )<sup>41</sup>.

Outra forma de avaliação da carga mental é por meio de análise de eventos fisiológicos, como condutância da pele, medida da frequência cardíaca, monitorização de eletroencefalograma (EEG) ou movimento ocular durante a execução de uma atividade. Sabe-se que, diante da necessidade em realizar uma tarefa cognitiva, há ativação de uma resposta autônoma, ativação do sistema simpático e, por consequência, alterações fisiológicas. Com base nisso, a partir de 1994 Paas e Van Merriënboer propuseram a medida de eventos fisiológicos para mensuração da carga cognitiva, como tentativa de suprir possíveis lacunas deixadas pelas escalas subjetivas<sup>35</sup>.

O princípio da condutância da pele consiste nas inúmeras glândulas sudoríparas, mais concentradas na palma das mãos, comandadas pela ação do sistema simpático. Sua ativação por um estímulo (como aprendizado de nova tarefa) resulta no aumento da condutância elétrica, que pode ser considerada uma medida indireta do estado fisiológico no momento do aprendizado. Alguns estudos revelaram que essa resposta galvânica da pele aumenta proporcionalmente à demanda cognitiva e ao esforço mental despendido na atividade<sup>35</sup>.

Da mesma forma, há alteração na frequência cardíaca. Uma vez que há ativação simpática a depender do grau de esforço mental em determinada atividade, há elevação da frequência cardíaca, que se torna uma medida objetiva de avaliação do esforço mental<sup>35</sup>. Estudo foi conduzido a respeito da relação entre a carga cognitiva autorrelatada pela Escala de Paas e medida da frequência cardíaca durante o raciocínio clínico com estudantes de

Medicina. As medidas médias de carga cognitiva apresentaram constante aumento ao longo das atividades ( $p < 0,05$ ), positivamente correlacionada com a variabilidade da frequência cardíaca<sup>42</sup>.

Outra forma de mensuração do esforço mental bastante sucedida e aplicável é a monitorização de EEG. Trata-se de técnica que permite a avaliação das ondas cerebrais e potenciais de ação no momento de execução da atividade, sendo sensível a mudanças de atividade cognitiva e avaliação da região cortical utilizada. Com o desenvolvimento da tecnologia e o surgimento de aparelhos de EEG portáteis, tal medida se torna mais aplicável, menos invasiva e importante nesse cenário de avaliação objetiva<sup>43</sup>. O aparelho portátil de EEG mais conhecido é o EMOTIV® (FIG. 4). Estudos recentes avaliaram sua eficácia de leitura em relação a aparelhos não portáteis e identificaram semelhança entre eles<sup>44,45</sup>.

Figura 4. Aparelho de EEG portátil EMOTIV®



Fonte: emotiv.com.

Pesquisa realizada na Flórida com 12 estudantes do ensino médio durante 11 aulas ao longo do semestre empregou o aparelho portátil de eletroencefalograma EMOTIV® para identificar marcadores neurais durante interações sociais e dinâmicas ao longo de situações reais. Os alunos foram separados em dois grupos: o primeiro assistia às aulas em vídeos e discussões do tema proposto em grupos; o segundo assistia à aula expositiva tradicional, apenas com as explicações do professor. As aulas em vídeos e interativas foram mais efetivas, sugerindo que a sincronia cerebral é proveniente da combinação de estímulos (técnicas de

ensino do professor) e diferenças individuais (foco do estudante, estilo de ensino de preferência e personalidade)<sup>46</sup>.

Já a dilatação pupilar, também chamada de pupilometria, vem sendo empregada na avaliação cognitiva há mais tempo, baseada no fato de que há aumento do diâmetro pupilar em resposta a estímulos cognitivos. Estudos utilizando tal medida ressaltaram que a magnitude da midríase é diretamente relacionada à demanda cognitiva da tarefa a ser executada<sup>35</sup>. No treinamento em ressuscitação cardiopulmonar os autores compararam dados obtidos pela pupilometria com a ferramenta psicométrica escala de Paas. A carga cognitiva, medida por ambas as ferramentas, foi maior para as questões mais difíceis e para aquelas respondidas incorretamente ( $p < 0,001$ ), havendo forte correlação positiva ( $p < 0,001$ ) entre as duas ferramentas<sup>47</sup>.

Por fim, outra forma de mensuração do esforço mental é por medidas baseadas na *performance* do aprendiz. Tendo em vista que a sobrecarga cognitiva pode afetar a aprendizagem e a realização de tarefas, o desempenho ruim pode ser atribuído ao esforço mental demandado pela tarefa ou instrução. Nesse caso, possíveis variáveis a serem avaliadas são: tempo para execução de determinada atividade, acurácia na sua realização e número de erros. Essa avaliação, no entanto, apresenta limitações, como as mensurações subjetivas, por serem suscetíveis ao erro devido ao seu caráter indireto de avaliação<sup>35</sup>.

Pass sugere que a avaliação da carga cognitiva deve ser feita pela combinação da avaliação do esforço mental e *performance* do principiante<sup>35</sup>. Segundo o autor, o aprendiz pode compensar o aumento da complexidade da tarefa despendendo mais esforço mental e mantendo um bom desempenho à custa do aumento da carga cognitiva. Assim, não seria interessante a medida de apenas uma dessas formas de avaliação, mas sim ambas conjuntamente, o que permite obter informações importantes sobre a carga cognitiva no desempenho de uma tarefa.

Percebe-se que a principal contribuição na mensuração da carga cognitiva é o fornecimento de uma base empírica para os efeitos hipotéticos de intervenções instrucionais na carga cognitiva, permitindo a aplicação e difusão de métodos instrucionais que proporcionem melhora no aprendizado com menor grau de esforço mental necessário para se atingir esse objetivo.

### 2.3 Worked example

Baseado na teoria da carga cognitiva (TCC), surgiram princípios e linhas de pesquisas acerca dos métodos de ensino capazes de manejar tais cargas, com o objetivo de aprimorar e facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com a TCC, o sistema natural de processamento de informações apresenta cinco princípios fundamentais:

- a) Princípio de armazenamento de informações: define que a cognição humana é dominada pelo conteúdo da memória de longo prazo, ou seja, o que percebemos, como pensamos ou resolvemos problemas é fortemente determinado pelo que foi aprendido e armazenado na memória de longo prazo.
- b) Princípio do empréstimo: postula que quase todo o conhecimento mantido na memória de longo prazo é “emprestado” da memória de longo prazo de outros indivíduos, repetindo o que eles fazem, ouvindo o que eles dizem ou lendo o que escreveram. Trata-se de um processo construtivo envolvendo a combinação de informações da memória de longo prazo de outros indivíduos e de informações da própria memória de longo prazo. Isso resulta em uma construção esquemática que atribui significado às novas informações.
- c) Princípio da aleatoriedade: durante a resolução de um problema é provável que a maioria das mudanças seja gerada a partir da própria memória de trabalho, porém se essa informação não estiver disponível em sua memória de trabalho ou pelo princípio do empréstimo, o procedimento possível é gerar aleatoriamente um movimento e testá-lo quanto à sua eficácia, acarretando a retenção dos movimentos efetivos e descarte dos ineficazes.
- d) Princípio dos limites estreitos de mudança: postula que a memória de trabalho adquire informações por meio do princípio do empréstimo ou da aleatoriedade e que a arquitetura cognitiva humana garante mudanças limitadas devido a uma memória de trabalho limitada.
- e) Princípio do ambiente organizacional e de *link*: embora a memória de trabalho possa processar quantidades limitadas de novas informações, ela pode lidar com quantidades ilimitadas de informações da memória de longo prazo, o que pode ser usado para organizar e interagir com o ambiente. Dessa forma, as informações na memória de longo prazo alteram as características da memória de trabalho<sup>48</sup>.

Diante de tais princípios e arquitetura cognitiva, surge o *worked example* (WE). Trata-se de método de ensino por meio do qual exemplos constituem-se de uma sentença e uma solução, proporcionando aos alunos princípios abstratos do problema e suas aplicações, e não apenas imitando a realização de determinada tarefa. O típico WE inclui *steps* da solução de determinada tarefa que levam à solução final. Foi muito utilizado, inicialmente, no ensino de Matemática e Física, explicitando não somente a solução do problema, mas sim explicando e evidenciando o passo a passo para sua resolução<sup>49</sup> (FIG 5). Corresponde a uma importante ferramenta de ensino para principiantes, uma vez que promove a redução de processos aleatórios e da carga cognitiva extrínseca, permitindo o desenvolvimento e aprimoramento da carga relevante, aliviando a memória de trabalho e propiciando a construção de robustos esquemas mentais<sup>33</sup>.

Figura 5. Exemplo de WE em Matemática

**The Building Blocks Principle II**

A tiler needed 720 tiles for an area of 16 m<sup>2</sup> in the bathroom. He wants to use the same tiles for an area of 2.4 m<sup>2</sup> in the kitchen. How many tiles does he need in the kitchen?

16 m<sup>2</sup>  $\hat{=}$  720 tiles  
 2.4 m<sup>2</sup>  $\hat{=}$  x  
 $x = \frac{2.4m^2 \cdot 720}{16m^2}$   
 $x = 108$   
 For the kitchen, the tiler needs 108 tiles.

:16      16 m<sup>2</sup> = 720 tiles      :16  
 •2.4      1 m<sup>2</sup> = 45 tiles      •2.4  
             2.4 m<sup>2</sup> = 108 tiles

For the kitchen, the tiler needs 108 tiles.

Which worked-out examples makes it easier for students to understand the rule of proportion? Why?

End

Fonte: Renkl<sup>49</sup>.

Observa-se que o WE apresenta aos alunos uma solução didática para a resolução de problemas e execução de tarefas, sendo apropriada sua utilização no processo de ensino-aprendizado em fases iniciais do conhecimento e nas atividades que exigem alta interatividade. Entretanto, trata-se de estratégia de ensino relativamente nova, não utilizada no princípio da história do ensino.



### 2.3.1 História e desenvolvimento do worked example

Até os anos 50, acreditava-se que para o adequado aprendizado o aluno deveria ser exposto a representativo número de problemas e sentenças a serem resolvidas. Entretanto, entre os anos de 1950 e 1970 educadores começam a desenvolver formas de ensino baseadas em um propósito fundamental: o aprendizado a partir de exemplos de um princípio ou padrão. Pesquisadores como Bruner e Glaser desenvolveram teorias que englobavam a seleção, apresentação e o sequenciamento desses exemplos<sup>33</sup>.

A partir da década de 80, pesquisadores educacionais com orientação cognitiva, como Brewer e Nakamura<sup>50</sup> começaram a demonstrar a importância do entendimento das formas complexas do processo de ensino-aprendizagem, com o objetivo de extrapolar os conceitos superficiais à época. Tais autores passaram a estudar como os *experts* e os iniciantes usavam seu conhecimento para interpretar experiências e resolver problemas em domínios como xadrez, Física, Álgebra e Geometria. Notou-se que *experts* concentram-se em aspectos estruturais do problema, ao passo que iniciantes se apegam a conceitos superficiais, aumentando a taxa de erro em sua resolução<sup>50</sup>.

Diante disso, em 1982 Sweller iniciou estudos acerca de como os iniciantes poderiam formar esquemas mentais que funcionariam como “padrões”, facilitando o processo de aprendizado, em contrapartida ao método vigente, conhecido como *problem-solving*. Esse método postula que para o adequado aprendizado o aluno necessita de extensa exposição a problemas a serem resolvidos, sem prévio conhecimento de sua solução. O autor verificou que quando utilizada essa metodologia tradicional os aprendizes aplicavam estratégias rasas, como a de tentativa e erro, ao passo que os alunos apresentados anteriormente a exemplos focavam nos aspectos estruturais do problema, construindo estratégias de resolução mais eficientes e permitindo a formação de *sripts* mentais aplicáveis a outras situações<sup>31,48</sup>.

Chi *et al.*, em 1989<sup>51</sup>, propuseram que parte importante da eficácia da metodologia do WE era a realização do *self-explanation*, atividade que se refere à capacidade de elaboração do que foi aprendido enquanto o iniciante explica a si mesmo a solução do problema, permitindo a consolidação do novo esquema mental<sup>50</sup>. Outro aspecto importante percebido ao longo do desenvolvimento dessa metodologia é o uso de múltiplos exemplos para promover o aprendizado e desenvolvimento de esquemas mentais. O método enfatiza, então, a relevância de exemplos de casos, além de estimular a conexão entre esses exemplos para entendimento dos seus princípios, facilitando a atividade do aprendizado.

Por meio dessa organização de ensino o processo de aprendizagem pode ocorrer por três perspectivas:

- a) Aprendizado por exemplos trabalhados: o aprendiz observa problemas já resolvidos antes de partir para a resolução, ou seja, adquire um conhecimento básico dos princípios ao estudar um exemplo resolvido;
- b) Aprendizado observacional de modelos (*modelling example*): promovido por meio da observação do comportamento de outras pessoas. É importante frisar que o termo modelo não necessariamente se refere à pessoa demonstrando a habilidade, mas sim ao exemplo que a pessoa promove ao resolver determinado problema, o que permite ao aluno a compreensão e identificação de regras ou princípios abstratos subjacentes aos modelos exemplificados, em contraste aos modelos imitados ou copiados literalmente;
- c) Aprendizado por raciocínio analógico: um exemplo é usado para inferir o conhecimento em outro caso, ou seja, a analogia de um domínio diferente pode fornecer um esquema como modelo inicial, facilitando a compreensão e resolução de novas tarefas<sup>33</sup>.

### 2.3.2 Aprendizado observacional de modelos: *modelling example*

Uma forma de aprendizado na metodologia WE é por meio observacional de modelos. Postula-se o aprendizado por meio da observação do comportamento de outras pessoas ao resolver determinado problema ou habilidade, constituindo um modelo abstrato de aprendizagem. Tal metodologia não se limita a apenas observar o comportamento de um instrutor ao demonstrar uma tarefa, mas também à aquisição de habilidades cognitivas baseadas em regras ou princípios abstratos subjacentes aos modelos exemplificados<sup>33</sup>.

Bandura, em 1986, assume que o aprendizado a partir de modelos constitui um dos axiomas de sua teoria sociocognitiva. Postula que para que ocorra adequado aprendizado nessa forma de ensino o aluno deve ter atenção aos comportamentos relevantes do instrutor, capacidade de retenção (codificar e lembrar a atividade que foi demonstrada), capacidade de reproduzir o comportamento aprendido e motivação para aplicar tal habilidade. Além disso, reafirma o uso de mais de um exemplo ou modelo, com o argumento de que, a partir disso, o aluno possa identificar ao menos um modelo e aprender efetivamente com ele. O autor descreveu diferentes efeitos observacionais em uma variedade de áreas, como aquisição linguística, aprendizado de desordens clínicas e aquisição de habilidades motoras<sup>52</sup>.

Baseado nessa condição, Schunk, em 1997<sup>53</sup>, e posteriormente Zimmerman, em 2002<sup>54</sup>, formularam um modelo sociocognitivo das fases do aprendizado, determinando quatro fases. A primeira fase é a etapa observacional, momento em que os aprendizes aprendem a habilidade sem a realizar, ou seja, beneficiam-se observando o modelo ao executar a tarefa. Na segunda fase, conhecida como emulativa, o desempenho do aluno se aproxima a do modelo, uma vez que ele entende que não é uma cópia e sim uma emulação. Essas duas primeiras fases são ditas fases sociais, já que os aprendizes precisam ser expostos a modelos. Nesse período, a internalização do aprendizado está começando. A terceira fase é a do autocontrole, momento em que o aluno demonstra a habilidade aprendida de forma independente ao executar uma tarefa semelhante, mas ainda não é capaz de desenvolver uma representação mental independente do modelo observado. E, finalmente, a quarta fase consiste na autorregulação, quando o aluno adapta a habilidade aprendida a novos âmbitos. Ressalta-se que tais fases não têm fronteiras, podendo se sobrepor, principalmente, quando envolve o aprendizado de habilidades complexas, como o aprendizado em broncoscopia<sup>49</sup>.

Com o desenvolvimento dessa metodologia de ensino, a forma e o modelo a serem apresentados tornaram-se importantes objetos de estudo ao longo dos anos. O modelo com utilização de *experts*, conhecido como modelo de domínio, é bastante interessante, uma vez que o mesmo apresenta extenso conhecimento acerca do assunto, o que traz grande benefício aos alunos. Por outro lado, uma vez que tais profissionais já são experientes e automatizaram determinada tarefa (“conhecimento encapsulado”), eles trabalham com elevados índices de abstração. Assim, o aprendiz em fase inicial pode não ser capaz de seguir seu raciocínio especializado<sup>55</sup>. Alternativa a essa questão é o modelo interpares. Por mais limitado e parcial em seu esquema mental acerca da habilidade a ser aprendida, sua representação está cognitivamente mais próxima do observador, permitindo, assim, que ele se relacione com mais facilidade. Além disso, tal modelo pode apresentar erros, mas também estratégias para superá-los. Outra forma de modelo é o de enfrentamento, o qual evidencia atitudes inapropriadas em habilidades ou erros na resolução de problemas, permitindo a formação de esquemas mentais relacionados ao que não deve ser realizado ou utilizado na resolução de determinado problema<sup>56,57</sup>.

Independentemente do modelo a ser utilizado, a semelhança entre modelo e observador parece ter influência positiva nesse processo. Ainda não estão evidentes quais recursos de similaridade (sexo, idade, competência) desempenham papel crítico na metodologia *modelling example*, reforçando a necessidade de estudos na área.

### 2.3.3 Aplicabilidade do worked example

O programa de pesquisa de Sweller motivou uma ampla linha de pesquisa denominada *Worked Example Research*<sup>52</sup>. A partir de então, vários estudos utilizando tal metodologia foram realizados. Inicialmente, o método foi aplicado em áreas como Álgebra, Geometria, Engenharia e xadrez, obtendo claros benefícios<sup>58,59</sup>. Posteriormente, diante de sua eficácia, tais pesquisas se estenderam para a área de formação em profissionais de saúde.

Em seu formato escrito, já foi avaliado em áreas de Fisioterapia e Medicina. Já foi avaliada sua eficácia, por escrito, no processo de raciocínio clínico na indicação de intervenções terapêuticas ideais para pacientes simulados em fisioterapia. A utilização dessa metodologia por meio de mapas conceituais propiciou melhores resultados ( $p < 0,001$ )<sup>60</sup>. Na área médica, também no formato escrito, já evidenciou benefícios. A literatura referencia que o emprego da metodologia WE propiciou melhor desempenho em raciocínio clínico com estudantes de Medicina ( $p < 0,001$ ), em detrimento à reflexão livre na resolução de casos clínicos<sup>61</sup>.

No formato observacional, *modelling example*, vem sendo avaliado com estudantes de Medicina tanto em habilidades clínicas, quanto habilidades cirúrgicas em simuladores. Pesquisadores examinaram o efeito da combinação do *self-explanation* (SE) do aluno e a observação de exemplos do SE entre pares ou especialistas no desempenho diagnóstico. Identificou-se que, após treinamento e observação do SE, os alunos melhoraram significativamente seu desempenho diagnóstico tanto na observação interpares ( $p = 0,007$ ) quanto de especialistas ( $p < 0,001$ )<sup>55</sup>. Na tentativa de definir qual a melhor estratégia de *modelling example* a ser utilizada com estudantes de Medicina para o treinamento de habilidades em comunicação de notícias ruins à pacientes, identificou-se que a utilização dessa metodologia por vídeo contendo dicas foi significativamente superior ( $p < 0,01$ )<sup>62</sup>.

Em ambiente de simulação de técnicas cirúrgicas, a metodologia *modelling example* inicialmente foi avaliada em habilidades cirúrgicas básicas, como sutura e amarração de nós, mostrando-se um método eficaz no ensino dessas habilidades ( $p < 0,0001$ )<sup>63</sup>, e na punção de acesso venoso ( $p = 0,004$ ), com maiores índices de acertos<sup>64</sup>. Recentemente, com o desenvolvimento de tecnologia, foi avaliada também em habilidades na cirurgia robótica, mostrando resultados eficazes<sup>65,66</sup>. Em habilidades cirúrgicas complexas, essa metodologia também se mostrou eficaz. No ensino em artroscopia em simuladores, a demonstração da técnica por vídeo propiciou significativa melhora no desempenho dos participantes após treinamento ( $p < 0,001$ )<sup>67</sup>. Em seu formato presencial, identificou-se que sua utilização no

treinamento de habilidades cirúrgicas laparoscópicas em simulador promoveu desempenho significativamente superior em relação ao grupo-controle ( $p=0,02$ )<sup>68</sup>.

No ensino em broncoscopia, sua aplicabilidade também vem sendo avaliada. Estudo precursor desenvolvido em 2013 analisou a integração da metodologia *modelling example*, com instruções realizadas ao vivo, a um programa de treinamento em simulação de broncoscopia. O grupo *modelling example* foi significativamente superior em relação ao grupo-controle ( $p<0,0001$ ), apresentando no pós-teste percentual 46% maior em relação aos brônquios visitados, 26% menos colisões em parede brônquica, 34% menos sangramento e procedimento realizado 28% mais rápido do que o grupo-controle<sup>69</sup>. Por outro lado, em outro estudo, não foi identificada diferença significativa com a detecção de um tutor em treinamento em simulador de broncoscopia. Porém, ao analisar o tamanho de efeito, os autores apuraram que o grupo guiado por tutor apresentou maiores ganhos de habilidades em relação ao grupo-controle, com tamanhos de efeito médio variando entre 0,46 e 0,63<sup>70</sup>.

A modelagem inter pares também já apresentou benefícios no treinamento de broncoscopia em simulador. Estudo acusou que essa forma de modelos permitiu melhora significativa no desempenho dos participantes em todas as métricas do simulador após o treinamento ( $p<0,001$ ), semelhante ao grupo-controle ( $p<0,16$ ), concluindo-se que esse modelo é mais eficaz, uma vez que os mesmos recursos de instrutor e treinamento podem ser utilizados, o que garante uso mais eficaz dos simuladores<sup>71</sup>.

Diante da eficácia desse método, questionamento importante a ser feito é: além do impacto no aprendizado, tal metodologia, de fato, tem efeito na carga cognitiva? Nesse sentido, a teoria da carga cognitiva utilizando-se a metodologia de ensino WE no treinamento com simuladores virtuais na realização de mastoidectomia mostrou que os participantes do grupo-intervenção apresentaram carga cognitiva significativamente maior que o grupo-controle ( $p=0,02$ ). Uma das explicações é de que, ao se acrescentarem informações adicionais ao modelo de ensino, pode-se ocasionar excesso de carga de trabalho e consequente aumento da carga cognitiva imposta para o aprendizado daquela habilidade<sup>72</sup>. Essa situação explicita a necessidade de novos estudos a respeito da metodologia nas mais diversas áreas da Medicina.

Uma outra questão importante a ser levantada é o equívoco entre o conceito de que a menor carga cognitiva é sempre benéfica e o uso continuado de metodologias indevidas pode resultar aplicações impróprias da TCC. Para um aprendizado eficiente, deve-se começar com alto suporte em tarefas iniciais, o qual vai se esmaecendo à medida que os alunos se tornam mais proficientes<sup>73</sup>.

Em suma, a metodologia *worked example* exhibe seu formato centrado no aluno, o que a torna ferramenta interessante a ser utilizada nas fases iniciais do aprendizado, principalmente no processo de ensino-aprendizagem de habilidades complexas, como a broncoscopia. Por outro lado, não há na literatura avaliação da carga cognitiva durante o aprendizado utilizando-se esse método, reforçando a necessidade de estudos acerca do assunto.

## 2.4 Avaliação da cognição

Por se tratar de habilidade complexa, durante o processo de aprendizagem e execução do exame de broncoscopia vários domínios cognitivos são necessários.

Uma das formas de avaliação da cognição é por meio do teste de fluência verbal, o qual avalia a habilidade de produzir uma sequência satisfatória de palavras em determinado espaço curto de tempo, avaliando os núcleos de influências verbais e a capacidade de controlar os aspectos executivos da linguagem. Os escores de padrões desse teste são amplamente utilizados na avaliação neurológica de crianças e idosos, mediante diferentes métodos analíticos<sup>74</sup>.

Tipicamente consiste em teste no qual os participantes devem reproduzir em voz alta o maior número possível de palavras de determinada categoria preestabelecida em determinado tempo, habitualmente 60 segundos. Podem ser estabelecidas duas categorias: semântica, como, por exemplo, animais ou vegetais, ou categoria fonética, na qual o participante deve dizer palavras que iniciem com determinada letra específica. O aplicador do teste inicialmente orienta o participante sobre a tarefa, explicando que deve ser dito o maior número de palavras, e não frases ou expressões. Exemplos podem ser dados antes de ser iniciado o teste, que começa apenas quando o participante compreendeu a tarefa a ser executada<sup>75</sup>.

Esse exame revela a capacidade de armazenamento do sistema de memória semântica, a habilidade do indivíduo em recuperar informações armazenadas na memória de trabalho e a capacidade de processamento de funções executivas, principalmente por meio da organização do pensamento e das estratégias utilizadas para a busca de palavras<sup>76</sup>. Tendo-se seu rápido acesso às funções cognitivas, constitui-se em um dos testes mais utilizados para avaliação da linguagem, memória semântica e funções executivas. Acredita-se que para a execução dessa tarefa há a ativação do lobo temporal, que sabidamente está amplamente relacionado à cognição e memória<sup>77</sup>.

Trata-se de teste muito utilizado na prática clínica, apresentando-se alterado em múltiplos processos patológicos, como demências degenerativas, lesões frontais, transtornos de hiperatividade e déficit de atenção; além de enfermidades psiquiátricas, como depressão. Por outro lado, também vem sendo muito usado em protocolos de pesquisa, avaliando-se a *performance* de mulheres grávidas, estudos eletrofisiológicos da fluência, avaliação de anestesia geral em idosos e parecer de dependentes químicos<sup>76</sup>.

Diante do exposto, verifica-se que o teste é eficaz na avaliação do controle executivo de determinado indivíduo, ou seja, é capaz de analisar um conjunto de funções neuropsicológicas que regulam os pensamentos e ações em direção a um propósito. Ao se aplicar o exame, o participante deve manter-se concentrado na atividade, alocando informações em sua memória de trabalho, selecionando palavras que se adéquem ao que foi solicitado, evitando repetições e erros. Deve também ser capaz de reproduzir palavras que se correlacionem, alterar buscas em diversas categorias em sua memória, sendo capaz de formar grupamentos mentais robustos baseados em sua memória semântica<sup>78</sup>.

Assim, a eficiência no teste de fluência verbal requer a capacidade de agrupar palavras dentro de subcategorias e a aptidão de troca para uma nova subcategoria quando essa se esgotar. Infere-se que os agrupamentos estão relacionados a processos da memória e ao lobo temporal, enquanto as trocas de categorias exigem flexibilidade mental e cognitiva, relacionando-se ao lobo frontal. O fracasso em tal teste pode ser ocasionado por falhas em pelo menos três diferentes funções cognitivas subordinadas: memória, função executiva e velocidade psicomotora<sup>79</sup>.

Na atualidade, o parâmetro mais utilizado para avaliação de desempenho no teste é o número de palavras ditas corretamente durante o intervalo de tempo. Isso se justifica porque a ordem em que as palavras são reproduzidas, dentro de grupamentos semânticos estabelecidos, permite a construção de uma rede. Assim, quanto maior o número de palavras ditas, bem alocadas em determinadas categorias, e menor número de erros ou repetições, melhor será o desempenho do participante<sup>80</sup>.

Surge então o conceito de modelos de associação semântica. Segundo Rumelhart *et al.* durante a fase inicial do aprendizado há o início da formação dessa rede, de maneira fraca, pois os padrões de ativação entre as unidades são frágeis e randômicos, devido a conexões iniciais ainda aleatórias. Em contrapartida, à medida que ocorre o aprendizado e sua sedimentação, tais padrões tornam-se diferenciados, com ativação de unidades mais robustas e progressão do geral para o específico<sup>79</sup>.

Baseado nesses conceitos foi proposta a construção de uma rede semântica utilizando-se o teste de fluência verbal aplicado a adultos. Os autores projetaram a representação da memória semântica em formato de gráfico, a partir de conexões conceituais realizadas pelos participantes. Por meio desse modelo, a partir das palavras ditas pelo participante no teste de fluência verbal, é construída uma rede de palavras relacionadas representadas por pontos, os quais se ligam quando há uma relação semântica direta entre elas. As características de interesse na análise da rede incluem o número de pontos formados, mas também o número de pontes entre eles, além de variáveis relacionadas à sua interconexão<sup>81</sup>.

Com base nessa construção gráfica, vários estudos foram realizados para avaliação nas mais diversas áreas. Um deles comparou os gráficos de rede da fluência verbal entre idosos sem déficits cognitivos e aqueles com déficits cognitivos leves com a rede de paciente com doença de Alzheimer. Concluiu que a análise do gráfico de rede é uma técnica promissora para analisar mudanças na fluência verbal<sup>82</sup>.

Outro estudo também examinou o gráfico da rede semântica entre idosos saudáveis, aqueles com déficit cognitivo leve e pacientes com Alzheimer e identificou diferença estatística entre os três grupos comparados. Houve diferenças no padrão de palavras corretas produzidas, ocasionando diferença no diâmetro, pontes e densidade da rede<sup>80</sup>. Já outra pesquisa utilizou modelos semelhantes de análises gráficas na avaliação cognitiva psiquiátrica e na aquisição de habilidades cognitivas em crianças durante a alfabetização, mostrando-se ser ferramenta bastante interessante<sup>83</sup>.

Assim, por se tratar de ferramenta útil na avaliação cognitiva, acredita-se que estudos relacionados à sua aplicabilidade no aprendizado, tanto em habilidades simples como em habilidades complexas, possam refletir o aprendizado do aluno e seus ganhos cognitivos atrelados ao processo de ensino-aprendizagem.

## **2.5 Feedback na Educação Médica**

O *feedback* é um dos pilares da educação médica, especialmente em habilidades complexas como o aprendizado em broncoscopia. Trata-se de estratégia que fornece ao aprendiz informações sobre seu desempenho em determinada atividade, descrevendo e discutindo sua atuação<sup>84</sup>. Sua utilização permite identificar e indicar os comportamentos e atitudes adequadas, incentivando o aprendiz a repeti-los, além de constatar os que não foram realizados adequadamente. Isso permite ao aluno identificar os erros e a divergência entre o resultado almejado e aquele executado, incentivando a mudança em seu comportamento.



Dessa forma, o aluno torna-se consciente do aprendizado, o que o motiva a repetir comportamentos assertivos e promover melhorias em habilidades ainda incertas. Uma vez que as informações apresentadas no *feedback* são capazes de gerar mudanças em atitudes e aperfeiçoamento do desempenho do aluno, identifica-se um adequado processo de aprendizagem<sup>85</sup>.

Conforme elucidado, o aprendizado entre os adultos requer sua participação ativa durante esse processo. A implementação e utilização da estratégia de *feedback* permite ao estudante a prática reflexiva de suas atitudes e conhecimento, centralizando o aprendizado no aluno. A não realização dessa estratégia impede que o aprendiz revise suas atitudes, conhecimentos ou habilidades, impossibilitando a identificação de comportamentos errôneos ou conceitos inadequados, além de distanciar o aprendizado dos objetivos almejados. Esse fato pode gerar a sensação de insegurança e incapacidade ou pode causar a impressão de domínio do conteúdo e excesso de confiança, o que perpetuaria atitudes e comportamentos inadequados por parte do aprendiz<sup>86</sup>.

O *feedback* fornecido logo após a habilidade executada permite ao aluno rever suas atitudes em momento oportuno, identificar a habilidade almejada em detrimento daquela executada, tornando-se uma nova oportunidade para o adequado aprendizado<sup>87</sup>. Na prática clínica, evidências robustas amparam sua utilização durante o processo de ensino-aprendizagem ao longo do curso médico. Tal estratégia é, ainda, considerada pelos alunos ferramenta importante para seu aprendizado, valorizando, dessa forma, sua implementação e realização de forma apropriada<sup>88</sup>.

O treinamento de habilidades cirúrgicas com a utilização de simuladores, associado ao desenvolvimento de tecnologia e de realidade virtual, permitiu o desenvolvimento de aparelhos que fornecem dados de métricas imediatamente após o término da execução da tarefa<sup>89</sup>. Isso proporciona ao aluno a identificação, de forma imediata, de seus pontos fortes na execução da atividade e dos pontos fracos, permitindo que ele reconheça suas ações e promova melhorias na execução da habilidade. Esse fato torna-se bastante interessante no treinamento de habilidades em simuladores com estudantes de Medicina. Devido à extensa carga horária e à dificuldade para executar atividades extracurriculares, o aluno pode treinar determinada habilidade usufruindo do *feedback* com as métricas do próprio aparelho, sem a necessidade de um supervisor em sala, reduzindo custos e facilitando o treinamento. Na capacitação em broncoscopia com uso de simuladores, o autotreinamento dos aprendizes baseado no *feedback* com as métricas do próprio simulador já apresentaram bons resultados, permitindo a aquisição de competências básicas em broncoscopia em simulador<sup>11,28</sup>.

Contudo, utilizando-se apenas de métricas do próprio simulador, as habilidades como postura, movimentos das mãos e atitudes não são contempladas. Em habilidades cirúrgicas, como é o caso da broncoscopia, tais medidas são essenciais para o aprendizado. Ademais, a chance de o aluno persistir em determinado erro é provável, uma vez que não recebeu *feedback* direcionado a essa inabilidade. A importância da utilização dessa estratégia no ensino de habilidades cirúrgicas foi evidenciada por autores que avaliaram a curva de aprendizado em simulador de colonoscopia sem utilização de *feedback* estruturado. Obteve-se que não houve melhora no desempenho em simulador, revelando a importância dessa estratégia<sup>90</sup>.

A presença de um instrutor durante o treinamento permite que o aprendiz identifique não somente os erros e acertos referentes às métricas do simulador, como também verifique atitudes e habilidades que podem ser melhorados ou mantidos, ocasionando melhorias em seu desempenho e adequado aprendizado. Diante dessa questão, pesquisou-se se um sistema automático de análise de movimentos poderia ser utilizado para estabelecer uma correlação entre os movimentos do broncoscópio e o nível de experiência do operador. Isso isentaria a presença de um instrutor durante o treinamento de broncoscopia em simulador. Abstraiu-se que essa aparelhagem é capaz de discriminar o nível de experiência dos broncoscopistas, assim, a utilização desse *feedback* automático e autodirigido em simuladores pode auxiliar os aprendizes no manuseio do aparelho. Esse sistema, entretanto, não se encontra amplamente difundido<sup>91</sup>.

A associação do rápido *feedback* fornecido pelas métricas do simulador e instrutor gera uma padronização do aprendizado, com consequente melhoria na execução daquela habilidade<sup>92</sup>. Estudos recentes têm avaliado o efeito do *feedback* fornecido por instrutor associado àquele dado pelo simulador em habilidades cirúrgicas. A análise do impacto do *feedback* fornecido por um supervisor, associado às métricas do simulador, no aprendizado em colonoscopia, acusou que os participantes do grupo *feedback* alcançaram nível de proficiência semelhante a especialistas, em relação ao quesito porcentagem da mucosa visibilizada e tempo para atingir o ceco. Esse desempenho foi significativamente mais rápido em comparação ao grupo-controle, demonstrando a importância do *feedback* simultâneo dado pelo supervisor<sup>93</sup>.

Essa estratégia foi considerada no treinamento em cirurgia robótica e prática dos aprendizes com mentoria pessoal apresentou resultados significativamente melhores em relação ao treinamento autodirigido<sup>94</sup>. Na capacitação em broncoscopia, estudos vêm utilizando o *feedback* do instrutor associado às métricas do simulador em programa

estruturado de treinamento, exibindo bons resultados<sup>69,71,95</sup>. Nesse contexto, julga-se pertinente a associação do feedback do próprio aparelho, acrescido ao do avaliador, para adequado aprendizado da tarefa proposta.

### 3 JUSTIFICATIVA

A tecnologia relacionada ao aprendizado médico vem sendo cada vez mais utilizada e aprimorada. O conhecimento da existência e possibilidade de realização de broncoscopia virtual permite ao aluno precisão em relação à anatomia das vias aéreas, domínio da técnica do exame, suas indicações e contraindicações, além de detectar suas limitações<sup>27</sup>. Esse contato possibilita também o despertar do interesse, pelo estudante, por um procedimento que, atualmente, especialmente em nosso meio, poucos profissionais se habilitam a realizar. Além disso, pelo fato de não existir um método efetivo de avaliação de aprendizado no treinamento de profissionais para a realização de broncoscopia, faz-se útil o emprego dessa tecnologia<sup>13</sup>.

Diante da existência de várias formas de ensino, é necessário identificar aquela de melhor eficácia para o aprendizado, tanto em habilidades simples como nas mais complexas, constituindo um dos maiores desafios da educação médica. A criação de estratégias instrucionais que aprimorem a capacidade da realização de atividades complexas (como realização da broncoscopia virtual), a elaboração do raciocínio clínico diante do caso elucidado e a utilização da inteligência em sua forma abstrata permitem melhor formação aos estudantes, auxiliando o aprendizado e proporcionando o surgimento de novas abordagens educacionais na área de formação médica<sup>61</sup>.

Nesse contexto, a motivação da realização do presente trabalho ocorre diante do desenvolvimento tecnológico e de novos simuladores em broncoscopia, e sua aplicabilidade na educação médica. Percebe-se a importância do contato dos alunos com esses equipamentos, tratando-se de momento oportuno para revisão da anatomia, além do despertar do interesse nessa área da medicina. Dessa forma, julga-se necessária a identificação de metodologias de ensino capazes de promoverem um adequado processo de ensino-aprendizagem nessa habilidade, ocasionando ganhos cognitivos aos estudantes.

Dessa forma, o propósito do presente estudo foi avaliar o treinamento de broncoscopia em simulador de realidade virtual e o impacto da utilização da metodologia de ensino *modelling example* no aprendizado dessa habilidade em curto, médio e longo prazo. Ademais, avaliou-se também a carga cognitiva despendida durante esse processo de aprendizagem

## 4 HIPÓTESE E OBJETIVOS

### 4.1 Hipótese principal

A metodologia de ensino *modelling example* presencial é superior à videoaula no treinamento de broncoscopia virtual com estudantes de medicina?

### 4.2 Objetivo geral

Avaliar a eficácia do método de ensino *worked example*, em seu formato *modelling example* presencial, no treinamento da broncoscopia virtual com estudantes de medicina.

### 4.3 Objetivos específicos

- a) Comparar a eficácia do aprendizado em broncoscopia com uso de simuladores pelo método *modelling example* presencial e por meio videoaula explicativa.
- b) Relatar se há retenção do conhecimento aprendido com o treinamento, seja videoaula ou *modelling example*, imediatamente após o treinamento e ao longo do tempo (após duas semanas e após um ano).
- c) Indicar quais ondas cerebrais estão sendo utilizadas e a sua sincronicidade durante a realização da broncoscopia virtual por meio do uso de eletroencefalograma portátil (EMOTIV®).
- d) Estabelecer a carga cognitiva despendida durante o aprendizado em broncoscopia virtual, tanto por aferição por meio do uso de eletroencefalograma portátil (EMOTIV®) quanto pela aplicação de escala validada (escala de Paas).
- e) Identificar o aprendizado dos alunos e sua retenção de ganhos cognitivos em longo prazo a partir das propriedades gráficas de redes construídas com a utilização do teste de fluência verbal semântico.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Desenho do estudo

Trata-se de estudo experimental que recrutou estudantes matriculados no quarto e quinto períodos do curso médico da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (FM-UFMG). Foram selecionados de forma aleatória 60 estudantes que se interessaram voluntariamente. Optou-se pelo recrutamento de estudantes do quarto e quinto períodos, por já apresentarem conhecimentos básicos da anatomia pulmonar, mas que não têm conhecimento ou experiência em broncoscopia virtual.

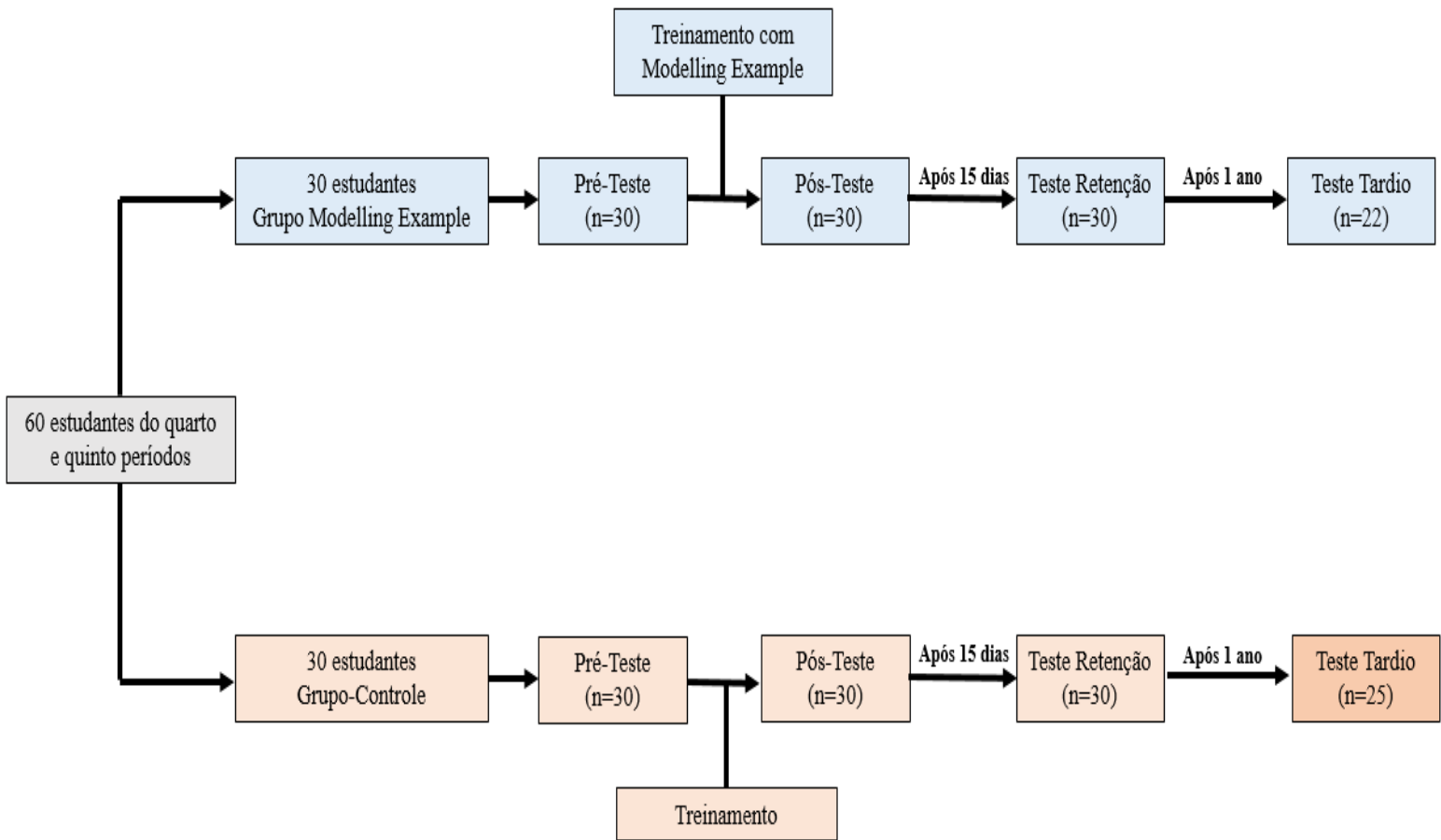
Após a seleção, os estudantes foram randomizados em dois grupos, de 30 alunos cada, sendo distribuídos em: grupo-controle (videoaula) e grupo-intervenção (*modelling example*). Os alunos foram avaliados baseado nas métricas do simulador, nas seguintes fases: pré-teste, pós-teste, teste de retenção (após 15 dias) e teste tardio (após um ano).

Antes de iniciarem o treinamento, todos os participantes foram submetidos aos testes de inteligência (WMT-2) e de atenção (d-2R). Além disso, foi avaliada a carga cognitiva por meio da aplicação da escala de Paas em todas as fases avaliativas, e o uso do aparelho de eletroencefalograma portátil EMOTIV EPOC+® nas fases pré-teste, pós-teste e teste de retenção. O teste de fluência verbal foi aplicado aos alunos no teste tardio, após um ano do treinamento inicial (FIG. 6).

### 5.2 Participantes

Optou-se por limitar a participação de estudantes a apenas uma instituição de ensino, a fim de garantir homogeneidade entre os grupos. Além disso, foram recrutados alunos do quarto e quinto períodos, pelo fato de já terem conhecimento prévio da anatomia da via aérea, mas não terem tido qualquer tipo de contato com broncoscopia.

Figura 6 - Desenho do estudo



Fonte da autora.

### 5.2.1 Recrutamento dos estudantes

O recrutamento dos estudantes foi realizado pessoalmente pela pesquisadora principal, por meio de visitas às turmas de alunos elegíveis para o estudo. Foram apresentados, sumariamente, os objetivos da pesquisa e os passos para sua participação. Foi explicitado que, caso algum colega que não estivesse presente naquele momento se interessasse pelo estudo, poderia entrar em contato via telefone com a pesquisadora para orientações e agendamento de sua participação.

### 5.2.2 Critérios de inclusão

Foram considerados elegíveis para participação em nossa pesquisa estudantes matriculados no quarto e quinto períodos do curso médico da FM-UFMG, voluntários à participação do projeto e que não tivessem tido qualquer tipo de contato com simuladores em broncoscopia.

### 5.2.3 Critérios de exclusão

Foram excluídos os alunos que já tivessem tido qualquer contato com broncoscopia.

## 5.3 Local da coleta de dados

Após anuência para a utilização do broncoscópio virtual, o local onde ocorreram todas as fases da pesquisa foi no Laboratório de Simulações (LabSim) da FM-UFMG, nas salas onde o broncoscópio estava disponível em horário agendado (FIG. 7). As salas disponíveis eram bastante arejadas e espaçosas. O aluno comparecia individualmente em data e horário previamente agendado, de acordo com sua disponibilidade.

Figura 7 - Aluno em treinamento de broncoscopia em sala do LabSim previamente agendada



O participante encontra-se com o aparelho EMOTIV conectado em sua cabeça. A instrutora avalia o estudante para posterior *feedback* ao término do exame.

Fonte da autora.



## 5.4 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Para a participação no estudo, era necessário ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), previamente ao início das atividades. Inicialmente eram dadas as instruções gerais pela pesquisadora e, em seguida, orientada a leitura atenta e rigorosa ao TCLE. Caso o aluno concordasse com o proposto, ele deveria assiná-lo, e assim estaria apto à participação em nossa pesquisa. Caso houvesse alguma dúvida, a pesquisadora estava à disposição para todos os esclarecimentos (APÊNDICE A).

## 5.5 Procedimentos

### 5.5.1 Alocação dos estudantes nos grupos de estudo

Cada participante foi alocado aleatoriamente em um dos grupos de estudo, a partir de uma planilha com números aleatórios, garantindo que todos tivessem a mesma oportunidade de participar em qualquer um dos grupos.

### 5.5.2 Simulador em broncoscopia utilizado e suas características

Em nosso estudo utilizamos o simulador de broncoscopia virtual disponível na FM-UFMG. Trata-se do simulador de alta fidelidade da marca *AccuTouch Flexible Bronchoscopy Simulator*®, da *Immersion Medical Systems*, Estados Unidos da América (EUA) (FIG. 8).

O sistema de simulação do broncoscópico *AccuTouch* é baseado em um computador destinado ao treinamento dos usuários na capacitação da realização de broncofibroscopia. Trata-se de aparelho com interface amigável, possui rodinhas para sua locomoção e de funcionamento elétrico, necessitando apenas de sua conexão em tomada.

O sistema inclui vários módulos de casos clínicos com diferentes níveis de dificuldade, exemplificando pacientes adultos e alguns pediátricos. Por ser considerada uma via aérea difícil no caso de pacientes pediátricos, é ofertada também a possibilidade do treinamento com o paciente em respiração dinâmica, semelhante a todos os casos adultos, ou estática, sem movimentos respiratórios do paciente, como tentativa de reduzir a dificuldade inicial do exame.

Figura 8 - Simulador de broncoscopia *AccuTouch Flexible Bronchoscopy Simulator*®, da *Immersion Medical Systems*, EUA disponível no LabSim



Fonte da autora.

Os casos clínicos disponíveis contêm dados importantes para o raciocínio clínico, com a história do paciente bem estruturada e informações acerca do exame físico, como peso, dados vitais, ausculta cardíaca e respiratória e demais achados que sejam relevantes durante a consulta médica ao caso proposto. O simulador dispõe também de dados da consulta pré-anestésica desses pacientes e imagens de radiografia e tomografias de tórax em casos selecionados, promovendo interação entre a prática clínica e a execução do exame.

O simulador é constituído por uma haste broncoscópica flexível, semelhante ao broncoscópio real. Na superfície do computador existe uma peça que reproduz a face humana, com uma área de acesso à região nasal para inserção da haste broncoscópica. Há também um *hardware* para detecção dos movimentos executados pelo operador da máquina, capaz de simular a resistência mecânica do exame real, tosse, sangramento da parede da mucosa, secreção endobrônquica e movimentos respiratórios do paciente. Durante a execução do exame é possível visibilizar os dados vitais do paciente em tela, uma vez que o simulador apresenta dados como frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação de oxigênio, pressão arterial e monitorização por eletrocardiograma contínuo (FIG. 9).

Figura 9 - QRCODE 1: demonstrando a tela do computador durante a execução de broncoscopia de caso clínico selecionado



Fonte da autora.

O aparelho permite também a injeção de alíquotas de anestésico, como lidocaína, para anestesia local das cordas vocais ou demais estruturas, ou instilação da solução fisiológica, para melhor visualização da árvore brônquica. Caso seja o objetivo de aprendizado e necessidade do paciente do caso clínico selecionado, o simulador dispõe também de uma pinça para a realização de biópsia, bastante semelhante à realidade.

Outra ferramenta bastante interessante que o aparelho possui é o chamado *road signs*, que fornece a localização segmentar exata da anatomia pulmonar durante a inserção do broncoscópio. Essa função é bastante valiosa durante o aprendizado, pois proporciona ao aluno visitar o maior número de brônquios possíveis, identificando sua exata localização, além de permitir-lhe a sistematização do seu exame, percorrendo a maior parte da via aérea possível. Em nossa pesquisa, utilizamos esse recurso no treinamento dos participantes.

Ao término do exame, o aparelho fornece métricas relativas ao desempenho do aprendiz, como tempo de procedimento, tempo de “red-out”, número de colisões nas paredes brônquicas, porcentagem de segmentos brônquicos examinados e o uso do botão de sucção, garantindo um *feedback* rápido e preciso (FIG. 10). Além disso, caso seja pertinente, é possível visibilizar um relatório completo com todas as características do exame realizado, com informações quanto às localizações anatômicas mais visitadas e aquelas que não foram percorridas. Dessa forma, destaca-se a possibilidade de avaliação objetiva do aluno com a utilização dessa tecnologia, baseado nos resultados e métricas concretas mensuráveis, fornecidas pelo próprio aparelho.

Figura 10 - Tela do computador do simulador de broncoscopia *AccuTouch Flexible Bronchoscopy Simulator*® com as métricas fornecidas ao término do exame

The screenshot displays the 'Intro to Bronchoscopy - Case 2' results screen. It includes a header with the case name, user 'guest', and date/time '08/29/18 06:30 PM'. The main content is divided into two sections: '1. Overall' and '2. Instilled Fluids'. Section 1 contains a table with five rows of metrics. Section 2 contains a table with two rows of fluid usage data.

1. Overall	
Description	Result
Time of procedure:	12:26
Percent of bronchial segments entered:	50%
Number of scope collisions with airway walls:	37
Time in red-out:	0:26
Suction button used:	0:05

2. Instilled Fluids	
Fluid	Amount Used
Lidocaine	1 Aliquots X 20 mg/aliquot = 20 mg instilled
Saline	0 Aliquots X 5 ml/aliquot = 0 ml instilled

Fonte: da autora.

O *AccuTouch* dispõe também de uma interface que permite a realização do exame endoscópico do aparelho digestivo, tanto de endoscopia digestiva alta (EDA) como de colonoscopia. Assim, além da haste flexível do broncoscópio, há também as hastes para realização desses dois exames. Para que sejam realizadas tais modalidades, basta modificar o sistema do computador, o qual passa a oferecer as informações, casos e simulações do trato digestivo. Tal fato é bastante interessante, pois permite que o mesmo aparelho possa contemplar várias especialidades, reduzindo custos para a Universidade. Ademais, essa questão é bastante relevante no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que os alunos podem ter acesso a outras formas de simulação em um mesmo aparelho, agregando conhecimento em sua formação médica.

Com o desenvolvimento da tecnologia e utilização crescente de simulação no ensino médico, vários estudos foram conduzidos com a utilização desse simulador em broncoscopia, o que revela sua nítida eficácia no treinamento de estudantes e, principalmente, residentes. Assim, observa-se ser pertinente a utilização e condução desse estudo com o uso do simulador de broncoscopia virtual disponível em nossa Universidade.

### *5.5.3 Preparação para o projeto principal*

Antes de iniciar o projeto e coleta de dados, a pesquisadora principal foi orientada por profissional experiente acerca do uso e manuseio do broncoscópio flexível do simulador. Foram realizadas inúmeras broncoscopias virtuais pela pesquisadora, totalizando mais de 100, abrangendo todos os casos clínicos disponíveis pelo simulador, a fim de conhecer o aparelho e selecionar os casos que seriam mais adequados para utilização em nossa pesquisa. A seguir, foi conduzido um projeto-piloto com um grupo de 30 alunos, para que se pudessem identificar as melhores estratégias para organização e realização do projeto principal, adequação do espaço físico, agendamento de horário, tempo médio gasto com cada aluno e sistematização da pesquisa.

### *5.5.4 Escolha do tema*

O ensino de broncoscopia com uso de simuladores foi o tema escolhido para execução de nosso projeto, por se considerar ser extremamente pertinente na atualidade. Sabe-se que, com o desenvolvimento de tecnologia, o uso de simuladores vem sendo cada vez mais utilizado e adaptado ao ensino médico, tornando-se imprescindível o contato dos alunos com essa forma de ensino.

Além disso, pelo fato de a participação dos alunos em projeto de pesquisa se tratar de atividade voluntária a ser realizada em âmbito extracurricular, fez-se necessária a utilização de um tema que seja atrativo e ao mesmo tempo agregador aos conhecimentos e formação dos estudantes. Ademais, o restrito conhecimento dos participantes em relação à broncoscopia, tanto em relação à sua indicação quanto à sua forma de sua execução, torna-se um momento oportuno para que os estudantes revisem a anatomia, conheçam o exame, suas indicações e formas de realização, despertando o interesse por essa especialidade, restrita a poucos profissionais nos dias de hoje.

Dessa forma, o ensino de broncoscopia em simulador de realidade virtual torna-se um diferencial na formação do estudante, garantindo a ele a revisão de conhecimentos anatômicos bem como a análise de casos clínicos. O contato com esse recurso pode estimular até mesmo o surgimento de novas vocações.

### 5.5.5 Seleção dos casos clínicos

Para a seleção dos casos clínicos a serem utilizados em nosso estudo, inicialmente foram avaliados todos os casos disponíveis pelo simulador e distribuídos em grupos de acordo com sua dificuldade. Após primeira análise, foram excluídos os casos que não permitiam a visualização completa de toda a árvore brônquica, como, por exemplo, aqueles que apresentavam lesão endobrônquica com obstrução completa da via aérea, o que impedia a passagem do broncoscópio naquela região.

Em segundo momento, foram avaliados os casos clínicos que apresentavam imagem radiológica disponível, a fim de aguçar e despertar mais interesse pela experiência por parte dos alunos.

Por fim, foram selecionados os casos com nível semelhante de dificuldade, sem lesões obstrutivas completas ao longo do percurso, possibilitando ao estudante a visualização de toda a via aérea. Os casos disponíveis no simulador encontravam-se na língua inglesa. Foram traduzidos para o português para facilitar o entendimento dos alunos e não ser fator de confusão em nosso estudo (APÊNDICE B).

### 5.5.6 Utilização de *feedback* estruturado

Julgou-se pertinente, além do *feedback* fornecido pelas métricas do próprio aparelho, apresentar ao aluno um *feedback* rápido, eficaz, estruturado e padronizado após o término da execução de cada broncoscopia. Dessa forma, objetivou-se realizar um treinamento bem estruturado, garantindo tanto o *feedback* da máquina como do instrutor, evitando-se fator de confusão em nosso estudo, além de avaliar, de fato, a metodologia de ensino em questão. Para tal, inicialmente o instrutor revelava ao aluno seu desempenho baseado nas métricas do aparelho, seguido de *feedback* acerca do movimento com o aparelho, o movimento das mãos e a postura durante a execução da broncoscopia (FIG. 11).

Figura 11 - Participante do estudo finalizando a execução do exame em simulador e instrutora pronta para iniciar o *feedback*



A participante encontra-se com o aparelho EMOTIV conectado em sua cabeça.  
Fonte: da autora.

### 5.5.7 Escala de carga cognitiva

Para se avaliar o grau de esforço mental utilizado durante o processo de aprendizado em ensino de broncoscopia por meio do uso do simulador virtual, foi aplicada uma escala validada e amplamente utilizada, a escala de Paas.

Trata-se de escala unidimensional de autoavaliação de esforço mental despendido durante o aprendizado em determinada tarefa. Desenvolvida por Paas *et al.* em 1992, evidencia que as pessoas são capazes de indicar confiavelmente sua carga mental percebida durante a realização de determinado ofício. Por meio da aplicação dessa escala, o aprendiz reporta o grau de esforço mental utilizado na realização de uma tarefa em uma escala de um a nove, sendo que um é o menor esforço mental e nove é o maior grau de esforço mental. Essa é uma ferramenta com boa sensibilidade, de fácil aplicabilidade, confiável independentemente da tarefa a ser executada, barata, validada e difundida mundialmente<sup>35</sup>.

Em sua aplicação no presente estudo, inicialmente o aluno foi orientado verbalmente a respeito da escala e o seu objetivo. Em seguida, foi solicitado que lesse o questionário com atenção e o preenchesse acerca de cada fase. Caso houvesse qualquer dúvida, a pesquisadora estava presente para esclarecimento. Avaliou-se então o esforço mental dos alunos em todas as fases avaliativas (pré-teste, pós-teste, teste de retenção e após um ano), objetivando-se verificar se houve redução do esforço mental dependendo da fase do treinamento e metodologia aplicada no ensino em broncoscopia (ANEXO B).

#### 5.5.8. *Uso do aparelho de eletroencefalograma portátil (EMOTIV®)*

Na atualidade, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o propósito de avaliar as múltiplas respostas cerebrais individuais diante de uma variedade de situações ou estímulos<sup>96</sup>. Esses experimentos revelam como propriedades estimuladoras, diferenças individuais e fatores contextuais podem demonstrar semelhanças ou diferenças na atividade neural entre as pessoas.

No ano de 2011 surgiu o EMOTIV®. Trata-se de aparelho de eletroencefalograma portátil, leve e de fácil ajuste na cabeça do participante, capaz de captar ondas eletroencefalográficas por *bluetooth* e transmiti-las a um computador em tempo real durante a realização de determinada tarefa, permitindo a identificação de áreas cerebrais estimuladas.

O EMOTIV EPOC+®, aparelho utilizado nesta pesquisa, possui 16 sensores gerando 14 canais de EEG na largura de banda de 0,16 a 43 Hz. Tal dispositivo é compatível com o *Windows* e pode ser utilizado totalmente sem fio via *bluetooth*, com duração de cerca de 6 horas de autonomia da bateria ou por meio de um receptor *Universal Serial Bus* (USB), com 12 horas de autonomia. Para o seu uso, é necessário acoplar o aparelho à cabeça do participante, ajustar os eletrodos em localização adequada conforme o capacete e umidificar seus sensores em uma solução salina disponibilizada no equipamento (FIG. 12 e 13).

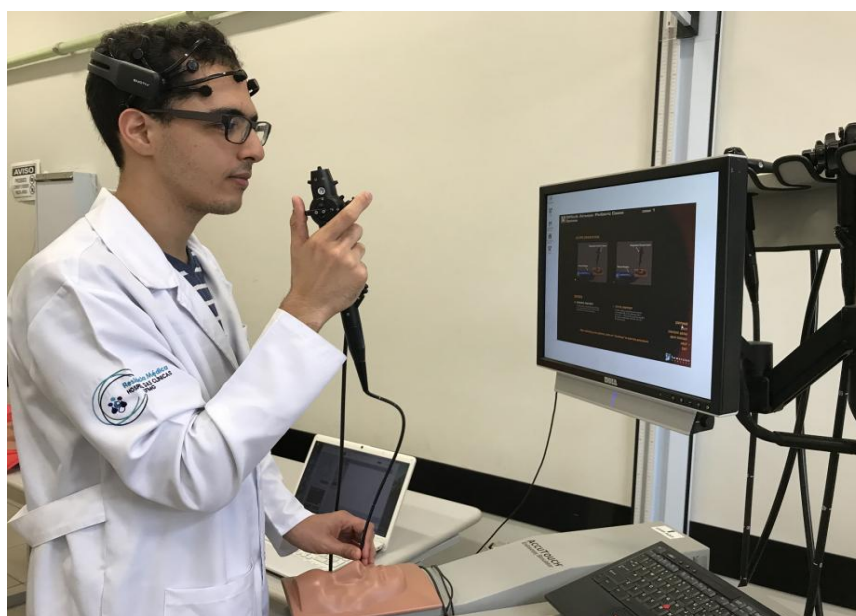


Figura 12 - Instrutora adaptando o aparelho EMOTIV na cabeça do participante



Fonte: da autora.

Figura 13 - Voluntário com o aparelho EMOTIV adaptado em sua cabeça durante a execução do exame



Fonte: da autora.

Com a finalidade de se identificar quais ondas cerebrais estão sendo utilizadas, sua sincronicidade e carga cognitiva despendida durante o aprendizado em broncoscopia virtual, foi utilizado o EMOTIV EPOC+® em nosso projeto.

Os participantes eram informados previamente acerca do objetivo do uso do equipamento, forma de ajuste, leveza e funcionalidade. Antes de adaptar o aparelho ao voluntário, embebiam-se os eletrodos em solução apropriada, na forma líquida, sem prejuízo aos participantes. Em seguida, adaptava-se o aparelho à cabeça do voluntário, garantindo a fixação, com o cuidado para não machucar o couro cabeludo. Depois de adequado ajuste iniciava-se a gravação do EEG em programa próprio do equipamento, no computador da pesquisadora. A gravação era realizada durante todo o tempo de execução da broncoscopia. Optou-se por utilizar a leitura via *bluetooth* a fim de garantir completa mobilidade para os participantes durante a realização do exame, impedindo qualquer interferência no desempenho do aluno.

Neste estudo utilizou-se o aparelho durante as seguintes fases avaliativas: pré-teste, pós-teste e teste de retenção.

#### 5.5.9 *Teste de quociente de inteligência*

Diante de toda essa complexidade e a fim de garantir que ambos os grupos eram comparáveis, sem diferenças em relação à capacidade de aquisição do conhecimento, aplicou-se o teste de quociente de inteligência (QI), por meio da utilização da versão brasileira do teste de Matrizes de Viena (WMT-2).

A inteligência é definida como uma capacidade mental geral que permite planejar e resolver problemas, pensar de modo abstrato, compreender ideias complexas e habilidades tridimensionais<sup>97</sup>. Com a compreensão desse conceito, ao longo dos anos foram surgindo propostas de quantificação da inteligência dos indivíduos, a fim de entender as diferenças entre eles. Assim, no século XIX surgiram alguns testes com esse objetivo, os quais foram se modificando e se aperfeiçoando ao longo do tempo.

O WMT-2 é um instrumento de avaliação da inteligência geral, construído segundo o modelo de Rasch (análise pela Teoria de Resposta ao Item - TRI). Apresenta como benefício a possibilidade de medir a inteligência baseado em tarefas livres de influências culturais, resultando em uma medida de QI em tempo bastante reduzido quando comparado a testes de inteligência multidimensionais<sup>98,99</sup>. Assim, o WMT-2 consiste em um instrumento de avaliação de inteligência não verbal fortemente influenciado pelo modelo de inteligência proposto por Raven em seu “Teste das Matrizes Progressivas”. De acordo com esse modelo, a capacidade de resolver problemas abstratos e perceber logicamente padrões geométricos é um aspecto do comportamento inteligente<sup>100</sup>.

O teste apresenta como diferencial a capacidade de medir a inteligência fluida, ou seja, a aptidão do indivíduo em se adaptar e enfrentar novas situações sem a interferência de conhecimentos prévios atrelados a níveis culturais, conforme proposto pelo Modelo de Cattell<sup>101</sup>. Por meio desse modelo é postulado que a inteligência fluida é basicamente organizada por competências primárias, as quais operam na memória de trabalho.

A aplicabilidade desse teste é destinada a pessoas entre 14 e 69 anos de idade, sendo composta de 18 problemas de raciocínio matricial, cada qual com oito opções de resposta, com apenas uma correta. O indivíduo deve escolher a resposta que considera mais apropriada para cada problema, atingindo uma pontuação final que informe o seu nível intelectual global<sup>98</sup>. Assim, trata-se de ferramenta objetiva, de fácil aplicação e rápida (não deve durar mais de 30 minutos), resultando em uma avaliação precisa e eficiente da inteligência. Além disso, não exige habilidades de natureza verbal para a resolução das tarefas propostas.

Para sua análise, suas propriedades psicométricas são avaliadas por meio de modelo psicométrico clássico, o qual inclui medidas de fidedignidade, validade de construto e critério. Para tal, utiliza-se a análise pela TRI proposta por Rach<sup>99</sup>. Após a análise, para sua interpretação, transformam-se as medidas de habilidades em valores absolutos e as converte em escores para desvio-padrão, tornando-se, então, comparáveis.

Diante do exposto, optou-se por sua utilização com o intuito de identificar se os grupos de pesquisa são de fato pareáveis. Dessa forma, todos os participantes foram submetidos à realização de tal teste.

#### *5.5.10 Teste de atenção*

Por se tratar de habilidade complexa e que exige a coordenação de vários domínios cognitivos simultaneamente, a capacidade de atenção do aprendiz torna-se fundamental para seu aprendizado e execução da habilidade. Assim, julga-se pertinente avaliar se os alunos de ambos os grupos de nossa pesquisa eram semelhantes e se assemelhavam nesse quesito. Com essa finalidade, aplicou-se o teste de d2-R, que avalia a capacidade de atenção concentrada e sustentada.

A atenção é considerada uma função cerebral importante para a integração mental, sendo reconhecida como o pré-requisito mais relevante para a manifestação do intelecto e da capacidade de reflexão<sup>102</sup>. Inicialmente, o teste amplamente utilizado para essa avaliação era o d2, instrumento psicológico criado na Alemanha por volta de 1950 com o objetivo de

avaliar a capacidade de dirigir<sup>103,104</sup>. Sua comprovada eficácia permitiu a ampliação de sua utilização para avaliação em outras aéreas que exigiam concentração e atenção visual.

Decorrente de novas revisões desse teste, surgiu o teste d2-R, instrumento capaz de verificar a habilidade de atenção concentrada e sustentada. Trata-se de testagem que pode ser aplicada a pessoas de sete a 76 anos de idade. Consiste em selecionar símbolos-alvo entre símbolos similares sob pressão do tempo e deve durar cerca de 10 minutos. O teste se destaca pela sua precisão de medida e existem várias evidências que asseguram que essa ferramenta é capaz de medir os construtos de atenção e concentração. Tem como característica ser um teste econômico e relativamente seguro a falseamento, já que estratégias voltadas para a obtenção de melhores resultados são ineficazes e, por outro lado, a simulação de uma capacidade de desempenho rebaixada em muitos casos é passível de identificação<sup>105</sup>.

O d2-R fornece medidas específicas, sendo elas: o desempenho de concentração (DC), os totais de objetos-alvo processados (OAP), erros de omissão (EO), erros de troca (ET) e porcentagem de erros (E%). Entre elas, as três principais são DC, OAP e E%, sendo as demais medidas derivativas. O DC avalia a capacidade de concentração, o OAP a velocidade e o E% reflete a exatidão durante a realização do teste<sup>105</sup>.

O teste d2-R pode ser considerado tanto um exame de mensuração da atenção e concentração como da velocidade do processamento mental, perceptual e de execução. Nesse contexto, considera-se pertinente sua aplicação entre os participantes de nosso estudo, afastando a possibilidade de viés no desempenho dos estudantes durante o treinamento em broncoscopia virtual e evidenciando que os grupos são de fato comparáveis.

Os testes psicológicos WMT-2 e o d2-R, segundo Lei Federal nº 4.119/62, são de aplicação exclusiva por psicólogos. Conta-se com a aplicação e supervisão do psicólogo Dr. Leandro Malloy-Diniz, professor do Departamento de Saúde Mental da FM-UFMG.

#### *5.5.11 Teste de fluência verbal*

Uma das formas de avaliação da cognição é por meio do teste de fluência verbal, o qual avalia a habilidade de produzir uma sequência satisfatória de palavras em determinado espaço curto de tempo. Baseia-se na avaliação dos núcleos de influências verbais em relação à capacidade de controlar os aspectos executivos da linguagem. Assim, vários estudos a partir da utilização desse teste semântico de fluência verbal foram capazes de discriminar idosos em diferentes estágios de déficits cognitivos<sup>74,76</sup>.

A partir desse conceito, propôs-se a avaliar se as propriedades gráficas de redes construídas a partir do teste de fluência verbal semântica podem refletir o aprendizado e ganhos cognitivos dos alunos em longo prazo, a partir de uma habilidade aprendida.

Com esse objetivo, foi aplicado o teste de fluência verbal semântico aos participantes do estudo em sua visita ao LabSim após um ano do treinamento inicial.

Para sua aplicação, o aluno permanecia em uma sala em companhia apenas da pesquisadora, que inicialmente promovia as orientações necessárias. Era instruído ao participante dizer o maior número possível de palavras referentes ao conteúdo absorvido com o aprendizado em simulador de broncoscopia em um período de um minuto, evitando-se a repetição ou possíveis erros. Era enfatizado também que deveriam ser ditas palavras e não frases. A sequência de palavras foi registrada em gravador, não sendo excluídas frases ou expressões (APÊNDICE C).

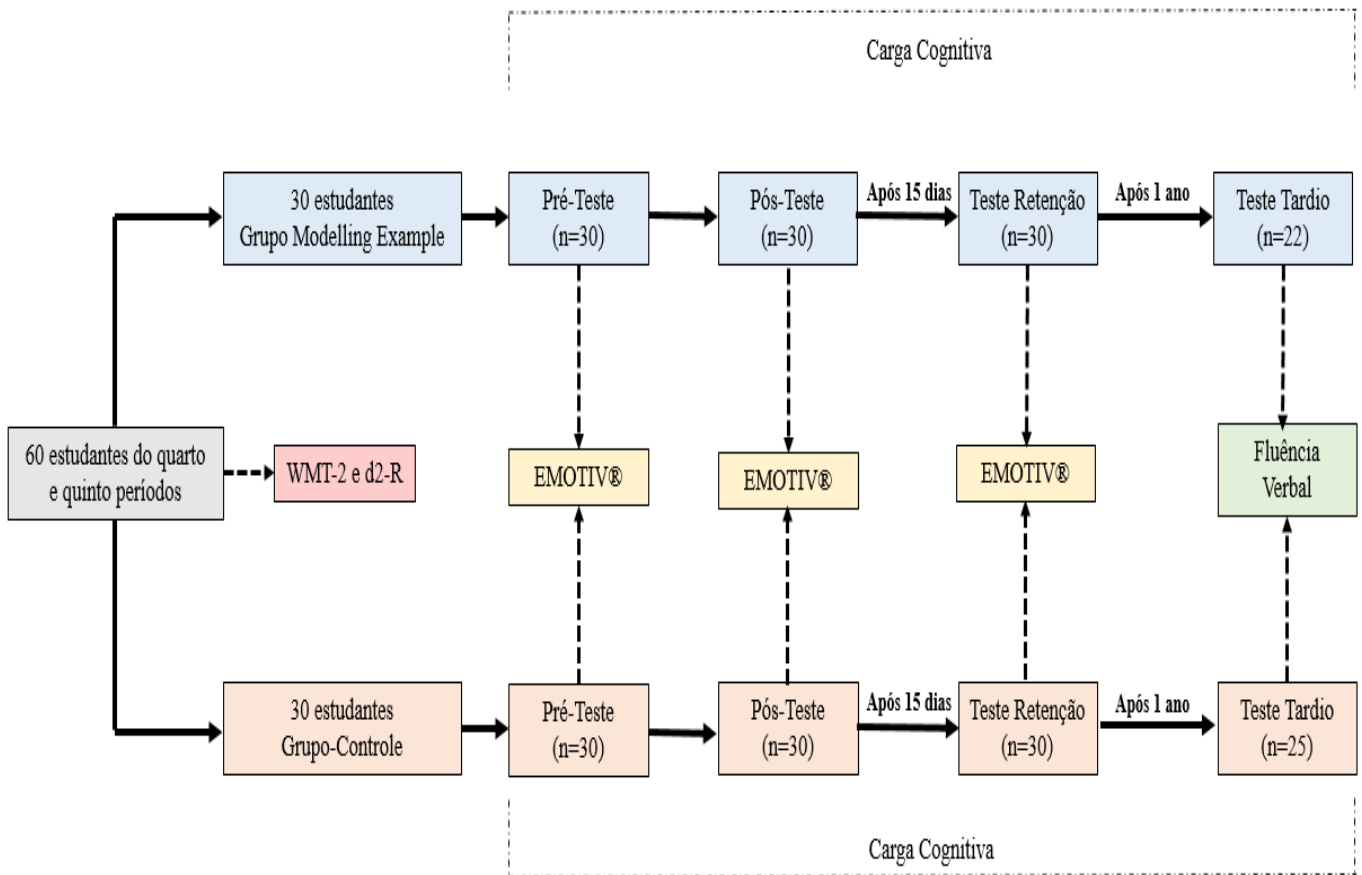
As palavras gravadas foram transcritas em documento e agrupadas em quatro categorias relacionadas ao conteúdo exposto: anatomia da via aérea; broncoscopia e manuseio do broncoscópio; lesões e doenças relacionadas; e uma última categoria relacionada a erros. Nesta última categoria foram alocadas palavras não relacionadas ao conteúdo proposto, palavras incorretas e frases.

Pretendeu-se, dessa maneira, avaliar se a aplicabilidade desse teste pode refletir o aprendizado e ganhos cognitivos em broncoscopia virtual em simuladores em longo prazo.

## **5.6 Proposta do estudo**

A Figura 14 resume a proposta do presente estudo, conforme informações elucidadas anteriormente.

Figura 14 - Proposta do estudo



Fonte: da autora.

### 5.6.1 Tarefa a ser executada

Ao se realizar uma broncoscopia com o broncoscópico flexível, as vias aéreas são inspecionadas desde sua porção superior, como narinas e região glótica, até a periferia do pulmão, passando pela traqueia, carina e regiões segmentares da árvore brônquica. Para isso, o aparelho deve estar sempre centralizado no lúmen, permitindo a iluminação do trajeto e impedindo colisões nas paredes brônquicas, diminuindo, assim, a ocorrência de sangramento ou lesões na mucosa. Além disso, faz-se necessária a inspeção de toda a anatomia pulmonar, devendo o exame ser sistematizado e com orientação espacial bem definida, evitando-se a avaliação repetida de algumas áreas, possibilitando redução do tempo de sua execução, risco de colisões e sangramento.

O simulador em broncoscopia é capaz de registrar o tempo de procedimento, a porcentagem de brônquios examinados, o tempo de “red-out” e o número de colisões na parede brônquica, e fornece essas informações em tela do computador, logo após o término

da realização do exame. Dessa forma, o aparelho apresenta um *feedback* imediato e preciso ao aprendiz.

Em nosso estudo, os alunos participantes foram orientados a realizar a broncoscopia dos casos clínicos selecionados do melhor modo possível, ou seja, com aparelho centralizado, menor número de colisões em parede mucosa da via aérea e menor tempo de “red-out”, sistematizando o exame e visitando a maior porcentagem brônquica, evitando-se repetições, no menor tempo possível. Em seguida, foram avaliados a partir das métricas do simulador.

### 5.6.2 Programa de treinamento e intervenção realizada

O programa de treinamento ocorreu em data e horário previamente agendados com cada estudante e ocorria de maneira individual. Após sua chegada ao LabSim da FM-UFMG, o aluno preenchia uma ficha contendo dados demográficos, a saber: nome completo, idade, sexo, período e número de horas de videogame por semana. Além disso, os participantes responderam, individualmente, aos questionários de coeficiente de inteligência (WMT-2) e teste de atenção (d2-R).

O curso de broncoscopia incluiu uma aula introdutória seguida de treinamento de simulação com os casos previamente selecionados, ocorrido de forma individual. Um atlas da anatomia da via aérea foi entregue aos participantes e estava disponível durante todo o treinamento.

Os participantes, então, assistiram a uma aula por vídeo (grupo-controle) ou presencial (grupo *modelling example*) de 20 minutos contendo breve revisão da anatomia pulmonar e segmentos brônquicos, utilização e aplicabilidade da broncoscopia e sequências didáticas, mostrando o movimento das mãos durante a realização do exame.

Durante o treinamento, os participantes realizaram três casos de simulações. Os casos foram realizados duas vezes, sendo que na primeira tentativa era utilizado o dispositivo do simulador *road signs*, o qual nomeava e identificava os brônquios visitados. Além disso, no grupo *modelling example*, o professor, previamente à realização da broncoscopia pelos alunos, realizava o exame dos pacientes propostos, enquanto o aluno lhe assistia. Para orientar a atenção dos participantes para as partes essenciais da demonstração, cada caso-exemplo foi acompanhado por pistas verbais padronizadas. No primeiro, o instrutor realizou a broncoscopia com dicas direcionando a atenção para a manipulação do aparelho, com duração de cinco minutos. No segundo, também com duração de cinco minutos, a atenção

foi direcionada particularmente para a anatomia segmentar dos brônquios. Já no terceiro, a velocidade da broncoscopia foi mais rápida (três minutos), com menor quantidade de dicas, indicando apenas a importância da sistematização do exame. O uso de exemplos durou no total 13 minutos, com média de 4,3 minutos em cada caso.

Para a realização de todas as broncoscopias selecionadas os estudantes tinham 15 minutos, sendo sempre orientados a realizar sua melhor broncoscopia no menor tempo possível, sendo avisados do tempo a cada três minutos. Ao finalizar o exame, um resumo com as métricas do simulador aparecia no monitor. A professora avaliava os resultados e fornecia imediatamente um *feedback* resumido, estruturado e semelhante para todos os participantes para as diferentes medidas.

### 5.6.3 Medidas de resultado

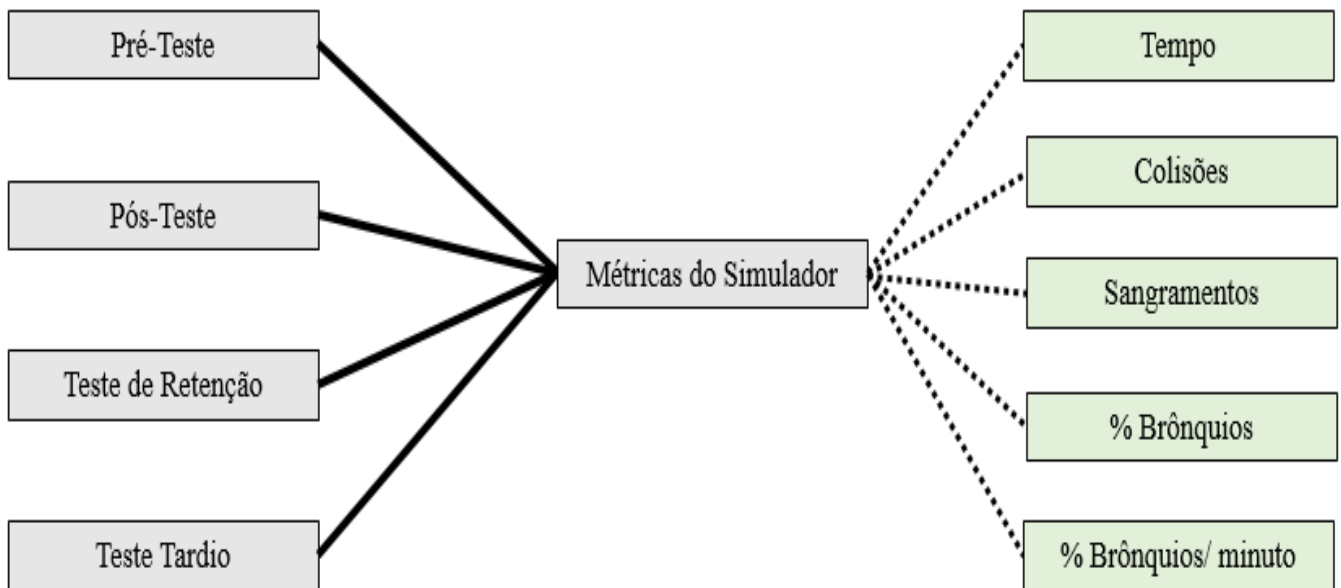
Em relação ao desempenho dos estudantes no treinamento de broncoscopia baseado nas métricas do simulador, os alunos foram avaliados no pré e pós-teste, em sua primeira visita ao laboratório, no teste de retenção (15 dias depois) e no teste tardio, o qual ocorreu um ano depois.

As variáveis fornecidas pelo simulador utilizadas comparativamente entre os grupos em nosso estudo, e previamente validadas<sup>106,107</sup>, foram: a) tempo de realização da broncoscopia; b) número de colisões em parede brônquica; c) tempo de “red-out”; d) percentual de brônquios examinados; e) e percentual de brônquios examinados/minuto.

A medida combinada previamente validada<sup>106</sup> - porcentagem de brônquios examinados/minuto - foi escolhida como nossa principal medida de resultado, pois se acredita que ela reflete em melhor grau as habilidades em broncoscopia do que a avaliação isolada de tempo do procedimento e segmentos examinados (Figura 15). Ressalta-se que todas essas medidas fornecidas pelo simulador são as mais importantes variáveis dependentes do presente estudo.



Figura 15 - Medidas de resultado baseado nas métricas do simulador



Fonte da autora.

Na tentativa de evidenciar que os grupos são semelhantes e que não haveria interferência nos resultados finais, aplicaram-se os testes de inteligência (WMT-2) e de atenção (d-2R) a todos os participantes do estudo. Para investigação da carga cognitiva, aplicou-se a escala de Paas em todas as fases avaliativas. Já o EMOTIV EPOC+® foi aplicado nas fases pré-teste, pós-teste e teste de retenção. Para a mensuração do aprendizado do aluno e seu ganho cognitivo em longo prazo, foi aplicado o teste de fluência verbal durante o teste tardio, um ano após o treinamento inicial (FIG. 14).

## 5.7 Análise estatística

### 5.7.1 Variáveis do estudo

As seguintes variáveis foram associadas aos participantes:

- a) Idade: número inteiro informado pelo participante ao preencher o questionário demográfico;
- b) Sexo: autodeclarado pelo participante em questionário demográfico;

- c) Horas de videogame: horas dedicadas ao videogame durante a semana, informada pelo participante ao preencher a ficha demográfica;
- d) Teste de inteligência: valor calculado para cada participante a partir da pontuação obtida nas respostas das questões da versão brasileira do teste WMT-2;
- e) Teste de atenção: valor calculado para cada participante a partir dos dados obtidos pelo teste d2-R;
- f) Métricas do simulador: valores fornecidos pelo próprio aparelho, em tela de computador, ao término do exame. Foram utilizados os dados das seguintes métricas: tempo de realização da broncoscopia, número de colisões em parede brônquica, tempo de “red-out”, percentual de brônquios examinados e percentual de brônquios examinados/minuto;
- g) Carga cognitiva pela escala de Paas: dados obtidos a partir de escala Likert variando de um (menor esforço mental) a nove (maior grau de esforço mental) no aprendizado em broncoscopia em todas as fases avaliativas;
- h) EEG portátil (EMOTIV EPOC+®): dados obtidos a partir do ajuste de aparelho de EEG portátil na cabeça dos participantes nas fases pré-teste, pós-teste e teste de retenção, com a finalidade de identificar quais ondas cerebrais estão sendo utilizadas e a sua sincronicidade;
- i) Teste de fluência verbal: aplicado após um ano da primeira visita ao LabSim a fim de avaliar se as propriedades gráficas de redes construídas podem refletir ganhos cognitivos em longo prazo.

### 5.7.2 Estatísticas descritivas e inferenciais

Neste estudo foram apresentadas as medidas descritivas mínimo, máximo, mediana (Q2), Quartis (Q1 e Q3), média, desvio-padrão (dp) e intervalo de 95% confiança para a média, além de frequências absolutas (tamanho da amostra) e relativas (percentuais) como medidas para descrever os resultados das variáveis estudadas.

Como estatísticas descritivas foram utilizados as variáveis: sexo, tempo de videogame, idade, teste de atenção e inteligência. Para avaliar a homogeneidade entre os grupos foi aplicado teste estatístico (teste t de *student* e teste do qui quadrado de Pearson).

Como estatísticas inferenciais os teste de Mann-Whitney e Friedman foram utilizados para comparar os dois grupos e as três fases do estudo, respectivamente, em relação as variáveis de desempenho na broncoscopia, a saber: tempo de realização da broncoscopia,

número de colisões em parede brônquica, tempo de “red-out”, percentual de brônquios examinados, percentual de brônquios examinados/minuto e porcentagem de brônquios examinados/minuto

### 5.7.3 *Teste t de student para amostras independentes*

Com o objetivo de comparar os dois grupos independentes no presente estudo em relação às medidas da média de uma variável de interesse do tipo intervalar (horas de videogame, teste de inteligência e teste de atenção - desempenho de concentração, objetos-alvo processados e porcentagem de erros), foi utilizado o teste *t de student* para amostras independentes. Trata-se de um teste paramétrico que tem como finalidade comparar médias entre dois grupos distintos e independentes, isto é, avalia se existe diferença significativa ou não entre dois grupos de indivíduos quanto às médias de determinada variável quantitativa de interesse.

Ressalta-se que o teste de Levene foi aplicado para avaliar a igualdade ou não entre as variâncias dos dois grupos estudados. Porém, para obter resultados mais robustos, no presente estudo, as variâncias foram consideradas diferentes. Neste presente estudo decidiu-se por assumir a heterogeneidade das variâncias, com isso, optou-se por utilizar os valores do teste *t de student*, assumindo a não igualdade de variâncias (aplicado correção de Welch), o que contribui para resultados mais robustos.

### 5.7.4 *Teste do qui-quadrado de Pearson*

Para a análise da variável sexo, foi utilizado o teste de qui-quadrado de Pearson. A associação, relação e dependência entre duas variáveis do tipo categórica são realizadas por meio desse teste.

Trata-se de teste não paramétrico que tem como objetivo comparar grupos quanto à proporção de ocorrência de determinado evento de interesse em variáveis do tipo categóricas. Basicamente, o teste avalia as possíveis divergências entre as frequências observadas e as frequências esperadas para um evento. Portanto, pode-se afirmar que dois ou mais grupos são semelhantes ou não se as diferenças entre as frequências observadas e as frequências esperadas em cada combinação das categorias das variáveis envolvidas forem pequenas ou próximas de zero, ou seja, não existe associação entre as duas variáveis categóricas estudadas. Além disso, quando o teste mostra a existência de alguma diferença significativa ( $p < 0,05$ )

entre os grupos de interesse, em tabelas com dimensões superiores à 2x2, utiliza-se à técnica de particionamento de tabela de forma a averiguar onde realmente as diferenças entre os grupos (categorias da variável de interesse) ocorrem, ou seja, se entre todos os grupos ou entre alguns grupos (categorias da variável) estudados. No caso de ocorrer significativa associação entre duas variáveis de interesse, em tabelas 2x2, analisa-se também a estatística *odds ratio* (razão das chances - OR), medida que quantifica o grau de associação entre duas variáveis categóricas.

#### 5.7.5 *Teste de Friedman*

Para as comparações entre as fases para cada grupo, foi empregado o teste de Friedman. As comparações entre medidas realizadas em mais de duas vezes numa mesma unidade amostra, em relação a uma variável de interesse do tipo no mínimo ordinal são realizadas utilizando-se o teste de Friedman. Esse teste não paramétrico tem como objetivo comparar mais de duas amostras dependentes (medidas realizadas mais de uma vez numa mesma unidade experimental. Neste estudo, um mesmo aluno avaliado em três fases) em relação a uma variável de interesse que seja no mínimo ordinal, de amostras pequenas ou que não tenha garantia que apresente uma distribuição normal.

Isso significa que esse teste não se baseia na média e desvio-padrão nem mesmo na mediana, ou seja, em parâmetros, mas sim nos postos/ posições (*rank* - posição da medida na amostra) das medidas das variáveis de cada unidade experimental ao longo do tempo. E quando o teste mostra a existência de diferença significativa entre os tempos, adota-se o método de comparações múltiplas do próprio teste para identificar entre quais tempos as medidas são realmente estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre si. Ressalta-se que, devido ao não atendimento dos pressupostos da análise de variância (ANOVA) baseada em um modelo de medidas repetidas (teste paramétrico), o teste não paramétrico de Friedman foi aplicado.

#### 5.7.6 *Teste de Mann-Whitney*

Para as comparações entre os dois grupos para cada fase do estudo, foi usado o teste de Mann-Whitney. O teste não paramétrico de Mann-Whitney tem como objetivo comparar duas amostras independentes (por exemplo, comparar os grupos WE e videoaula) em relação a uma variável de interesse que seja no mínimo ordinal, de amostras pequenas e/ou que não

apresente uma distribuição normal. Apesar de a mediana representar melhor a distribuição da variável em um teste não paramétrico, esse teste não se baseia na média e desvio-padrão nem mesmo na mediana (ou quartis), não em parâmetros, mas sim nos postos/ posições (*rank* - posição de cada caso) das medidas da variável de interesse no toante às duas amostras estudadas.

Portanto, esse teste investiga se existe ou não diferença significativa na distribuição das medidas de uma variável de interesse entre dois grupos independentes. Ressalta-se que, devido ao não atendimento aos pressupostos da ANOVA baseada num modelo de medidas repetidas (teste paramétrico), o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi aplicado.

#### 5.7.7 Probabilidade de significância (*p*)

Todos os resultados foram considerados significativos para uma probabilidade de significância inferior a 5% ( $p < 0,05$ ), tendo, portanto, pelo menos 95% de confiança nas conclusões apresentadas.

### 5.8 Aspectos éticos

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerias (COEP/UFMG), com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 84057318.7.0000.5149 (ANEXO A), de acordo com a Resolução CNS nº 510/16.

A participação dos alunos ocorreu de forma voluntária, após a assinatura no TCLE. Foi orientado que a não participação em qualquer fase do estudo ou o seu abandono não lhes ocasionaria qualquer forma de constrangimento. Além disso, sua leitura e assinatura ocorriam na presença dos pesquisadores, capacitados para esclarecer possíveis dúvidas.

## REFERÊNCIAS

1. 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):1040–104.
2. Fielding DI, Maldonado F, Murgu S. Achieving competency in bronchoscopy: Challenges and opportunities. *Respirology*. 2014; 19:472–482.
3. Stather DR, Lamb CR, Tremblay A. Simulation in flexible bronchoscopy and endobronchial ultrasound: A review. *J Bronchol Interv Pulmonol*. 2011;18(3):247–56.
4. Davoudi M, Colt HG. Bronchoscopy simulation: a brief review. *Adv in Health Sci Educ*. 2009; 14:287–296.
5. Guise JM, Hansen M, Lambert W, O'Brien K. The role of simulation in mixed-methods research: a framework & application to patient safety. *BMC Health Serv Res*. 2017; 17:322.
6. Mustafa T, Farooq Z, Asad Z, Amjad R, Badar I, Chaudhry AM, *et al.* Lectures in medical education: what students think? *J Ayub Med Coll Abbottabad*. Jan-Mar. 2014; 26(1):21-5. ISSN 1025-9589.
7. Wilson K, Korn JH. Attention during lectures: Beyond ten minutes. *Teac Psychol*. 2007; 34(01).
8. Tsang A, Harris DM. Faculty and second-year medical student perceptions of active learning in an integrated curriculum. *Adv Physiol Educ*. Dec. 2016; 40(4):446-453. ISSN 1522-1229.
9. Stather DR, Lamb CR, Tremblay A. Simulation in flexible bronchoscopy and endobronchial ultrasound: A review. *J Bronchol Interv Pulmonol*. 2011; 18(3):247–56.
10. Silvestri GA. The evolution of bronchoscopy training. *Respiration*. 2008; 76:19–20.
11. Follmann A, Pereira CB, Knauel J, Rossaint R, Czaplík M. Evaluation of a bronchoscopy guidance system for bronchoscopy training, a randomized controlled trial. *BMC Med Educ*. 2019; 19:430.
12. Ouellette DR. The safety of bronchoscopy in a pulmonary fellowship program. *Chest* [Internet]. 2006; 130(4):1185–90.
13. Naur TMH, Nilsson PM, Pietersen PI, Clementsen PF, Konge L. Simulation-based training in flexible bronchoscopy and endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration (EBUS-TBNA): A systematic review. *Respiration*. 2017; 93(5):355–62.
14. Fielding DI, Maldonado F, Murgu S. Achieving competency in bronchoscopy: Challenges and opportunities. *Respirology*. 2014; 19(4):472–82.

15. Haponik EF, Russell GB, Beamis JF Jr., Britt P, Kvale P, Mathur P, *et al.* Bronchoscopy training: current fellow's experiences and some concerns for the future. *Chest*. 2000; 118:625–630.
16. 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 Ped Otorhinolaryngol*. 2020; 134:110059.
17. Owen H. Early use of simulation in medical education. *Simul Healthc*. 2012; 7(2):102–16.
18. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad Med J*. 2008; 84(997):563–70.
19. 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* [Internet]. 2018; 106(1):280–6. Achieved from: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.02.011>.
20. Ram B, Oluwole M, Blair RL, Mountain R, Dunkley P, White PS. Surgical simulation: an animal tissue model for training in therapeutic and diagnostic bronchoscopy. *J Laryngol Otol*. 1999; 113:149–151.
21. Di Domenico S, Simonassi C, Chessa L. Inexpensive anatomical trainer for bronchoscopy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2007; 6(4):567–569.
22. Colt HG. Simulation in bronchoscopy training: are we there yet? *Curr Respir Care Rep*. 2013;2(1):61–8.
23. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D. Interventional pulmonary procedures: Guidelines from the American College of Chest Physicians. *Chest*. 2003; 123(5):1693–4.
24. Honeybourne D, Babb J, Bowie P, Brewin A, Fraise A, Garrard C, *et al.* British Thoracic Society guidelines on diagnostic flexible bronchoscopy. *Thorax*. 2001; 56(SUPPL. 1):1–21.
25. Ernst A, Wahidi MM, Read CA, Buckley JD, Addrizzo-Harris DJ, Shah PL, *et al.* Adult bronchoscopy training: Current state and suggestions for the future: Chest expert panel report. *Chest* [Internet]. 2015; 148(2):321–32.
26. Du Rand IA, Barber P V., Goldring J, Lewis RA, Mandal S, Munavvar M, *et al.* British Thoracic Society guideline for advanced diagnostic and therapeutic flexible bronchoscopy in adults. *Thorax*. 2011.
27. Kennedy CC, Maldonado F, Cook DA. Simulation-based bronchoscopy training: Systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2013; 144(1):183–92.

28. Veaudor M, Gérinière 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):1–8.
29. Alves MVC, Modesto JG, Rosseti DL, Lanini J, Bueno OFA. As dimensões da carga cognitiva e o esforço mental. Salvador, Bahia; *Rev Bras Psicol.* 2017; 04(01).
30. Leppink J, Paas F, Van der Vleuten CPM, Van Gog T, Van Merriënboer JG. Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behav Res.* 2013; 45:1058–1072.
31. Sweller J, van Merriënboer JJ, Paas F. Cognitive architecture and instructional design. *Educ Psychol Rev.* 1998; 10:251-96.
32. Mourão Júnior CA, Faria NC. Memória. *Psychol/Psicol Reflexão Crít.* 2015; 28(4): 780-788.
33. Qiao YQ, Shen J, Liang X, Ding S, Chen FY, Shao L, *et al.* Using cognitive theory to facilitate medical education. *Med Educ.* 2014; 14:79.
34. Van Merriënboer JG, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Med Educ.* 2010; 44:85–93.
35. Pass F, Tuovinen JE, Tabbers H, Van Gerven PWM. Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educ Psychol.* 2010. 38(1), 63–71.
36. Semsar A, McGowan H, Feng Y, Zahiri HR, George IM, Turner T, *et al.* Effects of a virtual pointer on trainees' cognitive load and communication efficiency in surgical training. *AMIA Annu Symp Proc.* 2019; 2019: 1197–1206.
37. Rölfing JD, Nørskov JK, Paltved C, Konge L, Andersen SAW. Failure affects subjective estimates of cognitive load through a negative carry-over effect in virtual reality simulation of hip fracture surgery. *Adv Simulat.* 2019; 4:26.
38. Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): results of empirical and theoretical research. *In: Hancock PA, Meshkati N. (eds) Human mental workload.* North Holland Press, Amsterdam, 1998, pp 139–183.
39. Gardner AK, Clanton J, Jabbour II, Scott BSL, Scott DJ, Russo MA. Impact of seductive details on the acquisition and transfer of laparoscopic suturing skills: Emotionally interesting or cognitively taxing? *Surgery.* Sept. 2016; 160(Issue 3):580-585.
40. Yurko YY, Scerbo MW, Prabhu AS, Acker CE, Stefanidis D. Higher mental workload is associated with poorer laparoscopic performance as measured by the NASA-TLX tool. *Simul Healthc.* 2010 Oct; 5(5):267-71.
41. Toy S, Miller CR, Guris RJD, Duarte SS, Koessel S, Schiavi A. Evaluation of 3 cognitive load measures during repeated simulation exercises for novice anesthesiology residents. *Simul Healthc.* Dec. 2020; 15(6):388-396.



42. Solhjoo S, Haigney MC, McBee E, van Merriënboer JJG, Schuwirth L, Artino AR, *et al.* Heart rate and heart rate variability correlate with clinical reasoning performance and self-reported measures of cognitive load. *Sci Rep.* 2019; 9:14668.
43. Antonenko P, Paas F, Grabner R, Van Gog T. Using Electroencephalography to measure cognitive load. *Educ Psychol Rev.* 2010.
44. Badcock NA, Mousikou P, Mahajan Y, Lissa P, Thie J, McArthur G, *et al.* Validation of the Emotiv EPOC<sup>®</sup> EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. *PeerJ*, DOI 10.7717/peerj.38. 2013.
45. Williams NS, McArthur GM, Badcock NA. It's all about time: precision and accuracy of Emotiv event-marking for ERP research. *PeerJ* 9:e10700 DOI 10.7717/peerj.10700. 2021.
46. Dikker S, Wan L, Davidesco I, Kaggen L, Oostrik M, McClintock J, *et al.* Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *Current Biology.* 2017 May; 27:1-6.
47. Szulewski A, Gegenfurtner A, Howes DW, Sivilotti MLA, van Merriënboer JJG. Measuring physician cognitive load: validity evidence for a physiologic and a psychometric tool. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2017 Oct; 22(4):951-968.
48. Sweller J. The worked example effect and human cognition. *Learn Instruct.* 2006; 165,169.
49. Renkl A. Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cogn Sci.* 2014; 38:1–37.
50. Atkinson RK, Derry Sj, Renkl A, Wortham D. Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Rev Educat Res.* Summer 2000; 70(2):181-214.
51. Chi MT, Bassok M. Learning from examples via self-explanation. *In:* Resnick LB. (ed.). *Knowing, learning, atzd instruction: Essays in honor of Robert Glaser.* Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1989, pp. 251-282).
52. Bandura A. Social cognitive theory in cultural context. *Appl Psychol.* 2002; 51(2):269–90.
53. Schunk DH, Zimmerman BJ. Social origins of self-regulatory competence. *Educational Psychologist.* 1997; 32:195–208
54. Zimmerman BJ, Kitsantas A. Acquiring writing revision and self-regulatory skill through observation and emulation. *Journal of Educational Psychology*, 2002; 94, 660–668.

55. Chamberland M, Mamede S, St-Onge C, Setrakian J, Schmidt HG. Does medical students' diagnostic performance improve by observing examples of self-explanation provided by peers or experts? *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. Oct. 2015; 20(4):981-93.
56. Boekhout P, Van Gog T, Van de Wiel MWJ, Gerards-Last D, Geraets J. Example-based learning: Effects of model expertise in relation to student expertise. *Br J Educat Psychol*. 2010; 80:557-566.
57. Braaksma MAH, Rijlaarsdam G, Van den Bergh H. Observational learning and the effects of model-observer similarity. *J Educat Psychol*. Copight 2002 by the American Psychological Association, Inc. 2002; 94(2):405-415.
58. Chen O, Retnowati E, Kalyuga S. Element interactivity as a factor influencing the effectiveness of worked example-problem solving and problem solving-worked example sequences. *Br J Educat Psychol*. 2019.
59. Van Gog T, Kester L, Paas F. Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning. *Contemp Educat Psychol*. 2011; 36:212-218.
60. Dyer JO, Hudon A, Montpetit-Tourangeau K, Charlin B, Mamede S, Van Gog T. Example-based learning: comparing the effects of additionally providing three different integrative learning activities on physiotherapy intervention knowledge. *BMC Med Educat*. 2015; 15:37.
61. Fernandes RAF, Malloy-Diniz LF, Vasconcellos MC, Camargos PAM, Ibiapina C. Adding guidance to deliberate reflection improves medical student's diagnostic accuracy. *Med Educat*. 2021.
62. Schmitz FM, Schnabel KP, Bauer D, Bachmann C, Woermann U, Guttormsen S. The learning effects of different presentations of worked examples on medical students' breaking bad news skills: A randomized and blinded field trial. *Patient Educat Counsel*. 2018; 101:1439-1451.
63. Kachare SD, Kapsalis C, Yun A, Kachare MD, Davis J, Week D, *et al*. Students teaching students: A survey of a medical student led surgical skills workshop - A prospective cohort study. *Ann Med Surg*. 2020; 56:43-47.
64. Lund F, Schultz JH, Maatouk I, Krautter M, Moltner A. Effectiveness of IV Cannulation Skills Laboratory Training and Its transfer into clinical practice: A randomized, controlled trial. *PLoS One*. 2012; 7(3): e32831.
65. Harris DJ, Vine SJ, Wilson MR, MCGrath JS, LeBel ME. A randomised trial of observational learning from 2D and 3D models in robotically assisted surgery. *Surg Endosc*. 2018; 32:4527-4532.
66. Harris DJ, Vine SJ, Wilson MR, MCGrath JS, LeBel ME. The effect of observing novice and expert performance on acquisition of surgical skills on a robotic platform. *PloS One*. 2017; 12(11):e0188233.

67. Alkatout I, Dhanawat J, Ackermann J, Freytag D, Peters G, Maas N, *et al.* Video feedback and video modeling in teaching laparoscopic surgery: A visionary concept from kiel. *J Clin Med.* 2021 Jan 5; 10(1):163.
68. Balafoutas D, Joukhadar R, Kiesel M, Hausler S, Loeb S. The role of deconstructive teaching in the training of laparoscopy. *JLS.* 2019 Apr-Jun; 23(2).
69. Bjerrum AS, Hilberg O, Gog TV, Charles P, Eika B. Effects of modelling examples in complex procedural skills training: a randomised study. *Med Educat.* 2013; 47:888-898.
70. Schertel A, Geiser T, Hautz WE. Man or machine? Impact of tutor-guided versus simulator-guided short-time bronchoscopy training on students learning outcomes. *BMC Med Educat.* 2021; 21:123.
71. Bjerrum AS, Eika B, Charles P, Hilberg O. Dyad practice is efficient practice: a randomized bronchoscopy simulation study. *Med Educat.* 2014; 48:705–712.
72. Andersen SAW, Mikkelsen PT, Konge L, Cayé-Thomasen P, Sørensen MS. The effect of implementing cognitive load theory-based design principles in virtual reality simulation training of surgical skills: a randomized controlled trial. *Adv Simulat.* 2016; 1:20. DOI 10.1186/s41077-016-0022-1.
73. Leppink J, Heuvel AV. The evolution of cognitive load theory and its application to medical education. *Perspect Med Educ.* 2015; 4:119–127.
74. Nickles L. Spoken word production in what deficits reveal about the human mind/brain. *A Handbook of Cognitive Neuropsychology*, ed B. Rapp (Philadelphia, PA: Psychology Press), 291–320.
75. Shao Z, Janse E, Vissr K, Meyer AS. What do verbal fluency tasks measure? Predictors of verbal fluency performance in older adults. *Front Psychol.* 2014; 5:772-772. ISSN 1664-1078.
76. Rodrigues AB, Yamashita ET, Chiappetta ALML. Teste de fluência verbal no adulto e no idoso: verificação da aprendizagem verbal. *Rev CEFAC, São Paulo.* Out-dez. 2008; 10(4):443-451.
77. Warburton E, Wise RJS, Weiller C, Price CJ. Noun and verb retrieval by normal subjects Studies with PET. *Brain.* 1996; 119(1):159-179. ISSN 0006-8950.
78. Ardila A, Bernal B. Cognitive testing toward the future: The example of semantic verbal fluency (ANIMALS). *Int J Psychol.* 2006; 41:324-332.
79. McClelland JL, Rogers TT. The parallel distributed processing approach to semantic cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2003; 4(4):310-322. ISSN 1471-0048.
80. Bertola L, Mota NB, Copelli M, Rivero T, Diniz BS, Romano-Silva MA, *et al.* Graph analysis of verbal fluency test discriminate between patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and normal elderly controls. *Front Aging Neurosci.* Jul. 2014; 6(185).

81. Goñi J, Arrondo G, Sepulcri J, Martincorena I, Mendizábal NV, Corominas-Murtra B, *et al.* The semantic organization of the animal category: Evidence from semantic verbal fluency and network theory. *Cogn Process*. May 2011; 12(2):183-96.
82. Lerner AJ, Ogrocki PK, Thomas PJ. Network graph analysis of category fluency testing. *Cogn Behav Neurol*. Mar. 2009; 22(1):45-52.
83. Mota NB, Callipo R, Leite L, Torres AR, Weissheimer J, Bunge SA, *et al.* Verbal short-term memory underlies typical development of “thought organization” measured as speech connectedness. *Mind Brain Educat*. Jul. 2019.
84. Hattie J, Timperley H. The power of feedback. *Rev Educat Res*. Mar. 2007; 77(1):81–112.
85. Collins J. Education techniques for lifelong learning: principles of adult learning. *Radiographics*. 2004; 24(5):1483-9.
86. Henderson P, Ferguson-Smith, AC, Johnson, MH. Developing essential professional skills: a framework for teaching and learning about feedback. *BMC Med Educat*. 2005; 5:11.
87. Lamtara J, Hanegbi N, Talks B, Wijewickrema S, Ma X, Pirochchai P, *et al.* Transfer of automated performance feedback models to different specimens in virtual reality temporal bone surgery. Springer Nature Switzerland AG. 2020, pp. 296–308.
88. Bing-You R, Hayes V, Varaklis K, Trowbridge R, Kemp H, McKelvy D. Feedback for learners in medical education: what is known? A scoping review. *Acad Med*. 2017; 92(9):1346–54.
89. El Boghdady M, Alijani A. Feedback in surgical education. *Surgeon*. 2017; 15(2):98–103.
90. Mahmood T, Darzi A. The learning curve for a colonoscopy simulator in the absence of any feedback: no feedback, no learning. *Surg Endosc*. 2004 Aug; 18(8):1224-30.
91. Colella S, Sondergaard Svendsen MB, Konge L, Svendsen LB, Sivapalan P, Clementsen P. Assessment of competence in simulated flexible bronchoscopy using motion analysis. *Respiration*. 2015; 89(2):155–61.
92. Porte CM, Xeroulis G, Reznick RK, Dubrowski A. Verbal feedback from an expert is more effective than self-accessed feedback about motion efficiency in learning new surgical skills. *Am J Surg*. Jan. 2007; 193(1):105-10.
93. Kruglikova I, Grantcharov TP, Drewes AM, Funch-Jensen P. The impact of constructive feedback on training in gastrointestinal endoscopy using high-fidelity virtual-reality simulation: a randomised controlled trial. *Gut*. Feb. 2010; 59(2):181-5.

94. Lee GI, Lee MR. Can a virtual reality surgical simulation training provide a self-driven and mentor-free skills learning? Investigation of the practical influence of the performance metrics from the virtual reality robotic surgery simulator on the skill learning and associated cognitive workloads. *Surg Endosc.* 2018; 32(1):62–72.
95. 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.
96. Naas A, Rodrigues J, Knirsch JP, Sonderegger A. Neurofeedback training with a low-priced EEG device leads to faster alpha enhancement but shows no effect on cognitive performance: A single-blind, sham-feedback study. *PLoS One.* 2019; 14(9):e0211668.
97. Colom R. O que é inteligência. *In: Flores-Mendonza C, Colo R. Introdução à psicologia das diferenças individuais.* São Paulo: Artmed, Cap. 3, 2006, p. 59-72.
98. Schlottfeldt CG, Pereira DA, Carvalho AM, Malloy-Diniz LF. O teste das matrizes progressivas de Viena. Manual da Versão Brasileira. São Paulo: Cetepp, 2014.
99. Tennant A, Pallant JF. Unidimensionality matters! (A tale of two Smiths). *Rasch Meas Transac.* 2006; 20(1): 1048-1051.
100. Horn JL. Measurement of intellectual capabilities: a review of theory. *In: McGrew KS, Wender JK, Woodcock RW. (orgs.) Woodcock-Johnson technical manual.* 1991.197-232.
101. Cattell RB. Where is intelligence? Some answers from the triadic theory. *In: McArdle JJ, Woodcock RW. (orgs.). Human cognitive abilities in theory and practice.* 1998; 29-38. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
102. Lima RF. Compreendendo os mecanismos atencionais. *Ciênc Cogn.* 2005; 6:113-122.
103. Van Zomeren AH, Brouwer W. *Clinical Neuropsychology of attention.* New York. Oxford University Press, 1994.
104. Brickenkamp R. Teste d2: Manual de Instruções, avaliação e interpretação. (Tradução de Welter GMR. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2000.
105. Brickenkamp R, Schmidt-Atzert L, Liepmann D. Test d2-Revision: d2-R. Aufmerksamkeits und Konzentrationstest. Göttingen, Germany: Hogrefe, 2010.
106. Moorthy K, Smith S, Brown T, Bann S, Darzi A. Evaluation of virtual reality bronchoscopy as a learning and assessment tool. *Respiration.* 2003; 70 (2):195–9.
107. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O III. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest.* 2001; 120(4):1333–9.

## **6 RESULTADOS**

A partir do conteúdo aprendido neste estudo, foram realizados três artigos, sendo um de revisão e os demais originais:

- 1. Treinamento com simuladores de broncoscopia no mundo pós-pandemia**
- 2. Treinamento de broncofibroscopia em simulador: estudo randomizado comparando *Modelling Example* e Videoaula**
- 3. Fluência verbal semântica na avaliação do aprendizado de broncofibroscopia em simulador**

## 6.1 Artigo 1: Treinamento com simuladores de broncoscopia no mundo pós-pandemia

Laís Meirelles Nicolielo Vieira<sup>1</sup>

Paulo Augusto Moreira Camargos<sup>1</sup>

Cássio da Cunha Ibiapina<sup>1</sup>

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

**Resumo:** A broncoscopia é um procedimento importante para avaliação das vias aéreas. O treinamento tradicional consiste em realizar o procedimento diretamente em humanos. Isso traz riscos, embora apenas raramente, e causa estresse nos broncoscopistas em formação. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho 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. **Métodos:** A revisão baseou-se em artigos publicados na língua inglesa entre os anos 2000-2021 a partir de buscas realizadas nos seguintes bancos de dados: MEDLINE (PubMed), Embase, SciELO e Google Acadêmico. **Resultados:** Os simuladores de broncoscopia se aprimoraram ao longo dos anos, permitindo que o processo de ensino-aprendizagem ocorra em um ambiente livre de riscos. O treinamento com simuladores de broncoscopia é uma opção complementar interessante para a avaliação das vias aéreas, principalmente nos próximos anos, uma vez que a pandemia de COVID-19 ressaltou a necessidade de educação médica continuada.

**Palavras-chave:** Broncoscopia; Aprendizagem; Ensino; Estudantes; Coronavírus.

*Bronchoscopy simulation training in the post-pandemic world*

**Abstract:** Bronchoscopy is an important procedure to examine the airways. It is traditionally taught by having trainees perform it in humans. This carries risks, albeit rarely, and causes stress to trainees. **Objective:** The objective of this study was to review bronchoscopy simulators, as well as their use in and impact on medical education, presenting perspectives on the use of simulators in the post-pandemic world. **Methods:** This review was based on articles published in English in 2000-2021 and retrieved from any of the following databases: MEDLINE (PubMed), Embase, SciELO, and Google Scholar. **Results:** Bronchoscopy simulators have improved markedly over time, allowing the teaching/learning process to take place in a risk-free environment. Bronchoscopy simulation training is an interesting option for the evaluation of the airways, especially in the coming years, with the COVID-19 pandemic highlighting the need for continuing medical education.

**Keywords:** Bronchoscopy; Learning; Teaching; Students; Coronavirus.



## INTRODUÇÃO

A broncoscopia é procedimento de extrema relevância, realizado por especialistas, como pneumologistas, otorrinolaringologistas e cirurgiões. Seu treinamento é indispensável na formação desses profissionais. Suas indicações são múltiplas, como, inspeção das vias aéreas, identificação e retirada de corpo estranho, acesso à via aérea difícil, realização de biópsias e lavado broncoalveolar<sup>1</sup>.

Trata-se de procedimento complexo que requer o domínio de habilidades cognitivas e motoras. O método tradicional em seu ensino é conhecido como “*see one, do one, teach one*”, no qual os profissionais em formação realizam o procedimento diretamente *in anima nobile*, acompanhados por profissionais experientes<sup>1</sup>. Trata-se de metodologia eficaz na formação de broncoscopistas ao longo do tempo. Por outro lado, embora raro, pode haver complicações e necessidade de repetição do exame, além de elevados níveis de estresse entre os aprendizes<sup>2</sup>.

Dessa forma, com o desenvolvimento da tecnologia, o uso de simuladores configura-se ferramenta complementar interessante. Ademais, a pandemia da COVID-19 trouxe inúmeros desafios. Diante da redução do número de aprendizes em procedimentos cirúrgicos e necessidade de racionamento de equipamentos de proteção individual (EPI), torna-se evidente a importância da utilização dessa metodologia no treinamento de habilidades, como broncoscopia<sup>3</sup>.

O objetivo do presente artigo foi apresentar uma revisão acerca do desenvolvimento dos simuladores em broncoscopia, sua utilização e impacto em seu treinamento, além de suas perspectivas no mundo pós-pandemia.

### Simuladores em broncoscopia

O primeiro estudo relacionado à simulação em broncoscopia foi em 1999, utilizando-se modelo animal suíno<sup>1</sup>. Nesse mesmo ano, foi referenciado o desenvolvimento de simulador de realidade virtual, o “*PreOp Endoscopic Simulator*” (HT Medical Systems, Rockville, MD, USA) e em 2001, realizado estudo acerca de sua eficácia na capacitação em broncoscopia<sup>4</sup>. O simulador *AccuTouch* (Immersion Medical, Gaithersburg, MD, EUA) também foi desenvolvido e validado nesse período<sup>5</sup>.

Atualmente diversas ferramentas são utilizadas. O treinamento em broncoscopia que utiliza modelos animais é conhecido como *wet lab simulation*. Suas vantagens são o realismo da anatomia e possibilidade de utilização do broncoscópio original. Como desvantagens, têm-

se as questões éticas na utilização de animais para o treinamento humano, custo para sua criação e danificação ao equipamento broncoscópico<sup>1</sup>.

A simulação *low fidelity* consiste no uso de vias aéreas artificiais com mecânica inanimada, onde são introduzidos broncoscópios reais. Existe uma gama de modelos, desde simples labirinto não anatômico até simuladores mais modernos<sup>1,2</sup>. Os mais utilizados, constituídos de silicone e plástico, consistem em manequim composto de cabeça, laringe, árvore traqueobrônquica e tórax, no qual está acoplado um painel que permite visibilizar o procedimento, como o *Laerdal Airway Management Trainer*® (Laerdal, Stavanger, Noruega; Figura 1), *airway larry*® (Nasco, Fort Atkinson, WI) e *Broncho Boy*® (CLA, Coburg, Alemanha)<sup>1</sup>.



Figura 1. Laerdal Airway Management Trainer® (Laerdal; Stavanger, Noruega), simulador de broncoscopia de baixa fidelidade.

Outra modalidade de simuladores de baixa fidelidade são equipamentos produzidos por impressoras 3D<sup>6</sup>. Estudo avaliou seu desempenho no ensino de broncoscopia e constatou melhora significativa na velocidade e execução do exame após treinamento<sup>7</sup>.

Trata-se de alternativas de baixo custo e que permitem a utilização do broncoscópio real. Entretanto, há possibilidade de danificação do aparelho e não propicia tanto realismo.

A simulação *high fidelity* baseia-se no uso de computadores para a projeção virtual das vias aéreas. O primeiro simulador dessa categoria foi o *PreOp Endoscopy Simulator*®<sup>1</sup>. Atualmente existe o *AccuTouch Endoscopy Simulator*®, constituído por uma haste broncoscópica flexível e computador com monitor e *software* para simulação do

procedimento, capaz de simular a resistência mecânica do exame real, tosse e movimentos respiratórios<sup>2</sup> (Figura 2).



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

Ao término do exame, o aparelho fornece métricas relativas ao desempenho do aprendiz, como tempo do procedimento, tempo de sangramento, número de colisões nas paredes brônquicas, segmentos brônquicos visitados e uso do botão de sucção, garantindo *feedback*<sup>2</sup>. A maioria dos estudos adota esse recurso, com resultados relevantes. Outros modelos são *GIBRONCH MENTOR*® (Symbionix USA Corp, Cleveland, OH) e *Orsim*® (Airway Limited, Auckland, Nova Zelândia)<sup>1</sup>.

### **Simuladores virtuais na avaliação de broncoscopistas**

O ensino em broncoscopia ainda não é padronizado. Recomendava-se a realização de ao menos 100 procedimentos supervisionados para aquisição da competência básica<sup>8</sup>. Esse método, entretanto, vem sendo questionado.

Residentes em Pneumologia foram solicitados a identificar segmentos brônquicos em simulador virtual. Verificou-se que broncoscopistas formandos identificaram 71% dos segmentos, 50% dos broncoscopistas experientes exploraram todos os segmentos e novatos

não identificaram todos segmentos necessários. Evidenciou-se a grande variabilidade e necessidade de revisão de métodos avaliativos no ensino de broncoscopia<sup>8</sup>.

Diretrizes foram atualizadas e preconizou-se a avaliação do crescimento individual do aprendiz. Surgem então, propostas de avaliação utilizando-se simuladores. Estudos comprovaram que a utilização de métricas fornecidas pelos simuladores são capazes de discernir broncoscopistas novatos e *experts*<sup>4</sup>. Inversamente, estudos posteriores propuseram que apenas essas métricas não deveriam ser utilizadas como método avaliativo, questionando-se a precisão do *software*<sup>9</sup>.

Nesse contexto, dois instrumentos foram validados<sup>10</sup>: *Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool* (BSTAT) e *Bronchoscopy Stepwise Evaluation Tool* (BSET). O BSTAT fornece uma pontuação numérica considerando-se postura, conhecimento da anatomia e tarefas como biópsia transbrônquica ou lavado broncoalveolar. O BSET avalia o manuseio do broncoscópio, com dificuldade crescente. Estudo identificou alta correlação entre eles (0,86 e 0,85 para BSTAT e BSET), com claras diferenças entre novatos e especialistas. Porém, não discriminou-se significativamente os aprendizes intermediários<sup>10</sup>.

Análise alternativa, baseada na filmagem dos aprendizes ao realizar broncoscopias simuladas e avaliados por *check-list*, distinguiu novatos, intermediários e especialistas<sup>9</sup>. Outra proposta foi analisar os movimentos do osciloscópio. Os desvios foram maiores para os novatos e menores para os mais experientes, discernindo-se entre novatos, intermediários e *experts*<sup>11</sup> (Tabela 1.).

A utilização de simuladores virtuais em broncoscopia torna-se alternativa importante para avaliação dos profissionais em formação, pois permite avaliar métricas objetivas e crescimento individual, em ambiente isento de riscos.

Tabela 1. Quadro sinóptico com estudos que observaram o papel dos simuladores virtuais na avaliação de broncoscopistas em formação

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>População</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusão</b>
<b>Crawford 2004<sup>8</sup></b>	Avaliar habilidades técnicas específicas em simulador de broncoscopia de realidade virtual	Médicos residentes em Pneumologia	Cinco	Estudo prospectivo que avaliou os participantes durante identificação e inserção do broncoscópio em cinco segmentos brônquicos específicos	Formandos identificaram 71% dos brônquios corretamente. 50% daqueles que já haviam realizado mais de 200 broncoscopias exploraram todos os segmentos. Novatos não identificaram todos os segmentos.	Grande variabilidade observada, sugerindo que tais habilidades não se correlacionam com os anos de treinamento ou número de broncoscopias realizadas
<b>Colt 2001<sup>4</sup></b>	Avaliar se o treinamento de novatos em simulador de broncoscopia permitiria adquirir habilidades básicas, comparados à estagiários experientes, treinados no formato tradicional	Médicos residentes em Pneumologia e Terapia Intensiva	Cinco	Estudo prospectivo que comparou um grupo de novatos treinados em simulador de broncoscopia à um grupo de médicos experientes, que já haviam realizado mais de 200 broncoscopias	Os novatos melhoraram significativamente sua destreza após o treinamento, igualando ou superando os experts	O uso da combinação de métricas de avaliação fornecidas pelo simulador foi capaz de discernir broncoscopistas novatos, intermediários e <i>experts</i> , sugerindo que as habilidades clínicas são transferíveis ao ambiente do simulador
<b>Davoudi 2008<sup>10</sup></b>	Avaliar as habilidades broncoscópicas por meio de dois instrumentos desenvolvidos: BSTAT e BSET	Estudantes de Medicina, Médicos residentes em Pneumologia e Terapia Intensiva, Médicos intensivistas e cirurgiões do tórax	Vinte e dois	Coorte prospectiva no qual dois avaliadores independentes pontuaram simultaneamente os participantes durante execução da broncoscopia em simulador	Identificou-se alta correlação (0,86 e 0,85 para BSTAT e BSET, respectivamente) entre os avaliadores em relação aos dois métodos. Observou-se claras diferenças entre novatos e especialistas	Notou-se alta confiabilidade e validade simultânea de ambas as ferramentas na distinção entre iniciantes e <i>experts</i> . Porém, não foi possível discriminar significativamente o desempenho de aprendizes intermediários.
<b>Konge 2011<sup>9</sup></b>	Explorar a validade de um método avaliativo no treinamento de broncoscopia em simulador	Médicos especialistas, médicos residentes e estudantes de medicina	Quarenta e dois	Estudo prospectivo que filmou os participantes ao realizarem seis broncoscopias simuladas, com dificuldade crescente. Pontuou-se a partir de <i>check-list</i> com verificação de desempenho dos voluntários por dois avaliadores cegos	Encontrou-se alta confiabilidade interexaminador. O método avaliativo diferenciou adequadamente o desempenho dos três grupos ( $p < 0,001$ )	O procedimento de avaliação diferenciou adequadamente novatos, intermediários e especialistas em broncoscopia
<b>Coella 2015<sup>11</sup></b>	Avaliar por meio de sistema automático de análise de movimento se há correlação entre movimentos do osciloscópio e experiência do operador	Médicos residentes e estudantes de medicina	Vinte e nove	Coorte prospectivo que utilizou o sistema Microsoft Kinect para medir o desvio total do osciloscópio durante a execução de broncoscopia em simulador pelos participantes	Os desvios foram maiores para os novatos e menores para os operadores mais experientes ( $p = 0,01$ , $p = 0,01$ e $p = 0,04$ , respectivamente)	O sistema de análise de movimento pode discriminar entre diferentes níveis de experiência

### **Treinamento em simuladores virtuais**

Os simuladores virtuais possibilitam a avaliação do treinamento em broncoscopia por meio das métricas do próprio aparelho. Estudo observou evidente melhora, tanto em relação à destreza, com menos colisões nas paredes brônquicas ( $p=0,022$ ), quanto à eficiência, com maior percentual de brônquios analisados ( $p=0,029$ ) após treinamento<sup>4</sup>. Mesmo um curso introdutório curto permitiu melhora significativa no desempenho de residentes no simulador ( $p=0,017$ )<sup>12</sup>. Pesquisa obteve resultados semelhantes, evidenciando-se significativa redução do tempo de procedimento ( $p=0,002$ ) e melhora no desempenho geral ( $p=0,002$ )<sup>13</sup>.

Posteriormente, autores investigaram o treinamento prévio em simuladores no desempenho em pacientes reais. Observou-se que a incorporação de broncoscopia simulada aumentou a velocidade de aquisição de habilidades, com melhora na pontuação do BSTAT ( $p<0,05$ )<sup>14</sup>. Ost et al identificaram resultados semelhantes, com redução no tempo para execução do procedimento ( $p=0,001$ ) e melhor porcentagem de brônquios identificados ( $p=0,03$ )<sup>5</sup>. Mesmo sessão curta de treinamento em um simulador de broncoscopia permitiu melhora na habilidade de intubação endotraqueal pediátrica, com redução do tempo para intubação ( $p<0,001$ ) e aumento na porcentagem de visualização das vias aéreas ( $p=0,004$ )<sup>15</sup>.

Metanálise, em 2017 concluiu que o treinamento em broncoscopia com simuladores permite melhoria em habilidades técnicas, sendo considerado importante instrumento de aprendizagem<sup>16</sup>. Revisão sistemática também revelou que a simulação em broncoscopia é eficaz e seu treinamento deve ser estruturado e realizado<sup>17</sup> (Tabela 2).

Assim, o surgimento de evidências acerca da eficácia do treinamento de broncoscopia com simulação facilita a tomada de decisões entre os educadores e destaca a necessidade de pesquisas sobre o assunto.

Tabela 2. Quadro sinóptico com pesquisas que avaliaram o impacto do treinamento de broncoscopia em simuladores virtuais

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>População</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusão</b>
<b>Colt 2001<sup>4</sup></b>	Avaliar se o treinamento de novatos em simulador de broncoscopia permitiria adquirir habilidades básicas, comparados à estagiários experientes, treinados no formato tradicional	Médicos Residentes em Pneumologia e Terapia Intensiva	Cinco	Estudo prospectivo que comparou um grupo de novatos treinados em simulador de broncoscopia à um grupo de médicos experientes, que já haviam realizado mais de 200 broncoscopias	Após o treinamento, novatos melhoraram significativamente sua destreza, com menos colisões em parede brônquica ( $p=0,022$ ), e precisão, com mais segmentos identificados ( $p=0,029$ ), igualando ou superando os experts	O treinamento em simulador virtual foi eficaz
<b>Colt 2011<sup>12</sup></b>	Avaliar o curso introdutório de broncoscopia em simulador de duração de um dia	Médicos Residentes em Pneumologia e Terapia Intensiva	Vinte e quatro	Estudo prospectivo multicêntrico que avaliou estagiários em pré-teste e pós-teste no simulador	Após o treinamento, as pontuações médias dos testes de habilidades técnicas no simulador melhoraram significativamente de 43 para 77% ( $p=0,017$ )	O treinamento em simulador virtual foi eficaz
<b>Veaudor 2018<sup>13</sup></b>	Avaliar se programa de autotreinamento em simulador de alta fidelidade permitiria aos residentes novatos adquirirem competências semelhantes às de broncoscopistas experientes	Médicos Residentes em Pneumologia	Trinta e quatro	Coorte prospectivo que comparou o desempenho de broncoscopistas treinados em tal aparelho em relação a broncoscopistas experientes	Evidenciou-se significativa redução do tempo médio de procedimento ( $p=0,002$ ) e melhora do desempenho geral ( $p=0,002$ ) entre os novatos, comparáveis às ao desempenho geral dos profissionais experientes	Foi demonstrado que o simulador foi eficaz no treinamento em broncoscopia
<b>Wahidi 2010<sup>14</sup></b>	Avaliar o desempenho de aprendizes em pacientes reais, após treinamento em simulador de broncoscopia	Médicos residentes em Pneumologia	Quarenta e sete	Estudo prospectivo multicêntrico que comparou o desempenho, em pacientes reais, dos participantes treinados em simulador ou no formato tradicional Utilizou-se a ferramenta BSTAT	A incorporação de broncoscopia simulada aumentou a velocidade de aquisição de habilidades em broncoscopia, havendo melhora estatisticamente significativa na média de pontuações do BSTAT desses aprendizes ( $p<0,05$ )	A utilização do treinamento em simuladores previamente à execução em pacientes reais permite melhora das habilidades em broncoscopia
<b>Ost 2001<sup>5</sup></b>	Validar um simulador virtual de broncoscopia	Médicos residentes em Pneumologia e Terapia Intensiva	Vinte e oito	Estudo de coorte prospectivo multicêntrico avaliou, em pacientes reais, o desempenho dos participantes após treinamento em simulador ou por método tradicional	O grupo simulação, após 20 simulações, melhorou significativamente suas habilidades, com redução do tempo ( $p=0,001$ ) e mais brônquios visitados ( $p=0,03$ ). Além disso, obtiveram melhores resultados em pacientes reais quando comparados àqueles treinados por método tradicional	Treinar os aprendizes em simulador de broncoscopia permitiu a aquisição mais rápida de habilidades em broncoscopia em comparação ao método tradicional

## Metodologias de ensino no treinamento em broncoscopia

Diante da relevância do treinamento de broncoscopia em simuladores virtuais pesquisas descreveram metodologias de ensino utilizando-se tal ferramenta.

A eficácia da prática em broncoscopia em simulador realizada em um único dia não apresentou diferença àquela distribuída em uma semana ( $p>0,36$ ), sugerindo que a capacitação pode ser realizada no formato que melhor se adéque aos aprendizes e centros de treinamento<sup>18</sup>.

Outra possibilidade é conhecida como *self-training*, na qual o aprendiz utiliza as instruções do próprio aparelho para treinamento. Estudos avaliaram sua eficácia e identificou-se melhorias nas habilidades em broncoscopia dos aprendizes, adquirindo-se as competências básicas<sup>2,13</sup>.

Evidências do uso de simuladores de broncoscopia no treinamento de residentes são crescentes. Entretanto, pouco se sabe acerca desse impacto com estudantes de Medicina. Estudos recentes vêm propondo essa avaliação.

Pesquisa constatou que não há diferença na eficácia do treinamento em simulador de broncoscopia realizado por duplas ou individualmente com estudantes de Medicina ( $p<0,16$ ) Inferiu-se que o treinamento em duplas é mais eficaz, já que os mesmos recursos utilizados individualmente podem ser empregados em duplas<sup>19</sup>.

Intubação com uso de fibra ótica em simuladores foi avaliada com estudantes de Medicina. Após treinamento, não houve diferença significativa nas habilidades técnicas entre novíços e *experts*<sup>20</sup>. Já avaliou-se também o *modelling example*, que consiste em o aprendiz observar a realização do procedimento por parte do instrutor, no aprendizado de broncoscopia em simulador com estudantes de Medicina. Após o treinamento, o grupo *modelling example* foi significativamente superior em relação ao grupo-controle ( $p<0,0001$ ), revelando-se a eficácia dessa metodologia<sup>21</sup> (Tabela 3).

Dessa forma, observa-se que há uma base bem estabelecida para o uso de simulação para o treinamento em broncoscopia.



Tabela 3. Quadro sinóptico com metodologias de ensino em broncoscopia com simuladores virtuais

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>População</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusão</b>
<b>Bjerrum 2016<sup>18</sup></b>	Comparar a eficácia da prática em simulador de broncoscopia realizada em um dia àquela distribuída ao longo de uma semana	Médicos residentes em Pneumologia	Vinte	Estudo randomizado avaliou a prática de simulação de broncoscopia distribuída em um dia ou semanalmente. O desempenho foi avaliado em pré-teste, pós-teste e teste de retenção após quatro semanas	Nenhuma interação foi encontrada entre o grupo e o teste ( $p > 0,16$ ), exceto para a medida 'porcentagem de segmentos inseridos'. Nenhum efeito principal do grupo foi encontrado para qualquer uma das medidas avaliadas ( $p > 0,36$ )	A capacitação pode ser realizada no formato que melhor se adéque à prática clínica dos aprendizes e disponibilidade dos centros de treinamento
<b>Veaudor 2018<sup>13</sup></b>	Avaliar a eficácia de um programa de autotreinamento em broncoscopia em simulador virtual	Médicos Residentes em Pneumologia	Trinta e quatro	Coorte prospectivo que comparou o desempenho de broncoscopistas novatos treinados em simulador a de broncoscopistas experientes	Evidenciou-se significativa redução do tempo médio de procedimento e melhora do desempenho geral ( $p=0,002$ ) entre os novatos, comparáveis às ao desempenho geral dos profissionais experientes	O autotreinamento em simulador de broncoscopia foi eficaz, permitindo que os aprendizes adquirissem competências básicas semelhantes a de broncoscopistas experientes
<b>Gopal 2018<sup>2</sup></b>	Avaliar o impacto do treinamento de simulação de broncoscopia no conhecimento e nas habilidades técnicas da anatomia em estudantes de medicina	Estudantes de Medicina	Quarenta e sete	Estudo prospectivo que avaliou o desempenho dos participantes em treinamento em simulador de broncoscopia por dois cirurgiões. Aplicou-se o BSTAT.	Após treinamento, houve aumento significativo no escore BSTAT ( $p < 0,0001$ ); na visibilização da anatomia brônquica ( $p < 0,0001$ ) e nas habilidades de navegação na broncoscopia ( $p < 0,0001$ )	O treinamento de simulação de broncoscopia autodirigida em estudantes de medicina foi eficaz
<b>Bjerrum 2014<sup>19</sup></b>	Identificar a eficácia do treinamento em simulador de broncoscopia realizado em duplas ou individualmente	Estudantes de Medicina	Trinte e seis	Estudo randomizado comparou o treinamento realizado em duplas ou individualmente, em pré-teste, pós-teste e teste de retenção três semanas depois	Os dois grupos exibiram significativa melhora em seu desempenho após o treinamento no simulador ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença na eficácia de aquisição de habilidades de broncoscopia entre os dois grupos ( $p < 0,16$ )	O treinamento em duplas pode ser considerado mais eficaz, pois os mesmos recursos utilizados individualmente podem ser empregados em duplas
<b>Latif 2016<sup>20</sup></b>	Estabelecer o tempo e número de tentativas necessárias para treinar novatos em broncofibroscopia e intubação com uso de fibra ótica em simuladores	Estudantes de Medicina	Quinze	Estudo prospectivo em que os participantes recebiam orientações de um instrutor experiente e, em seguida, iniciavam o treinamento supervisionado em simulador virtual. Retornavam após dois meses para nova avaliação	Após o treinamento, as habilidades técnicas dos aprendizes foram comparadas a dos <i>experts</i> . Na avaliação após dois meses houve mais tempo necessário para visibilização da anatomia, entretanto ao se comparar esse desempenho ao do pré-teste, percebe-se que houve retenção do conhecimento	O treinamento em broncoscopia e intubação com uso de fibra ótica em simuladores foi eficaz, com retenção do conhecimento

## **Simulação em broncoscopia e a COVID-19**

O ensino médico foi profundamente afetado pela COVID-19. O número de profissionais permitido em sala de exames foi reduzido, impedindo a capacitação dos aprendizes. Além disso, devido à necessidade de gerenciamento de medicações e leitos, muitos procedimentos foram suspensos, afetando o processo de aprendizagem<sup>22</sup>.

A broncoscopia é procedimento gerador de aerossóis, o que acarreta exposição ao vírus. Ademais, em casos de urgência médica, pode não haver tempo hábil para realização prévia do teste diagnóstico de COVID-19 no paciente em questão. Tais situações impõem aos broncoscopistas que o procedimento deve ser feito de maneira rápida e eficiente, minimizando o tempo de exposição e contágio do vírus<sup>23,24</sup>.

Dessa forma, laboratórios de simulação, ganharam extremo valor nas áreas de saúde<sup>3</sup>. A prática de broncoscopia a partir de simulador possibilita o aprimoramento de habilidades básicas, como conhecimento da anatomia, orientação espacial tridimensional e coordenação motora, sem colocar pacientes em risco, além de garantir o processo de aprendizagem independentemente do estágio da pandemia. Com isso, a partir de níveis inferiores de estresse, há aprendizado mais eficiente, garantindo conduta eficaz diante de situações reais<sup>2</sup>.

## **LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS**

Uma das dificuldades para utilização da simulação virtual relaciona-se aos custos. Esse problema pode ser contornado, com a aquisição de um único equipamento, a ser compartilhado entre diferentes instituições<sup>8</sup>.

Outra limitação é a ausência ou a limitada disponibilidade de casos pediátricos. Para o futuro, simuladores devem incorporar esses múltiplos cenários para que o aprendiz possa treinar tomadas de decisões e novas habilidades, além da proficiência básica<sup>16</sup>.

Por outro lado, com o impacto da pandemia no ano de 2020 e incerteza de quanto tempo irá durar, tornou-se notória a necessidade da utilização dos laboratórios de simulação. Essa ferramenta garante manutenção do aprendizado, independentemente do estágio da pandemia, propiciando o treinamento de situações clínicas cotidianas e daquelas mais difíceis.

## **CONCLUSÃO**

O uso de simuladores no treinamento em broncoscopia é ferramenta útil e interessante a ser implementada de forma complementar ao método convencional. Sua utilização garante prática em ambiente isento de riscos e permissão de erros. Essa metodologia atende à

crecente necessidade médica de assegurar um processo de ensino-aprendizagem eficaz, garantindo, concomitantemente, a segurança do paciente. Mais importância foi evidenciada diante da pandemia da COVID-19. Há manutenção do treinamento em ambiente seguro, independentemente do estágio da pandemia, além da garantia de que materiais e insumos sejam destinados ao combate ao vírus.

Fica evidente, portanto, a necessidade da realização de novos estudos acerca de simulação em broncoscopia, de forma a tornar essa promissora ferramenta de ensino cada vez mais acessível. Espera-se que a ampliação de sua utilização nos centros de treinamento, tanto pelos médicos quanto pelos estudantes, estimule novas vocações à realização desse procedimento.

## REFERÊNCIAS

1. Stather DR, Lamb CR, Tremblay A. Simulation in flexible bronchoscopy and endobronchial ultrasound: A review. *J Bronchol Interv Pulmonol*. 2011;18(3):247–56.
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):280–6.
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.
4. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O. Virtual reality bronchoscopy simulation: A revolution in procedural training. *Chest [Internet]*. 2001; 120(4):1333–9.
5. Ost D, DeRosiers A, Britt EJ, Fein AM, Lesser ML, Mehta AC. Assessment of a bronchoscopy simulator. *Am J Resp Crit Care Med*. 2001; 164(12):2248–2255
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.
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):189–97.

8. 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.
9. Konge L, Arendrup H, Von Buchwald C, Ringsted C. Using performance in multiple simulated scenarios to assess bronchoscopy skills. *Respiration*. 2011; 81(6):483–90.
10. Davoudi M, Osann K, Colt HG. Validation of two instruments to assess technical bronchoscopic skill using virtual reality simulation. *Respiration*. 2008; 76: 92–101.
11. 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.
12. Colt HG, Davoudi M, Murgu S, Rohani NZ. Measuring learning gain during a one-day introductory bronchoscopy course. *Surg Endosc*. 2011; 25:207–216.
13. Veaudor M, Gérinière 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):1–8.
14. 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.
15. Rowe R, Cohen RA. An evaluation of a virtual reality airway simulator. *Anesth Analg*. 2002; 95(1):62–66.
16. Sokouti M, Rezaei P, Ghojzadeh M, Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, *et al*. Systematic review and meta-analysis on the study of bronchoscopy training based on visual reality simulation. *BMJ Open*. 2017; 7(0):A1–A78.
17. Nilsson PM, Naur TMH, Clementsen PF, Konge L. Simulation in bronchoscopy: current and future perspectives. *Adv Med Educ Pract*. 2017; 8:755–60.
18. 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.
19. Bjerrum AS, Eika B, Charles P, Hilberg O. Dyad practice is efficient practice: a randomized bronchoscopy simulation study. *Med Educat*. 2014; 48:705–712.
20. Latif RK, 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; 30:12–19.

21. Bjerrum AS, Hilberg O, Gog TV, Charles P, Eika B. Effects of modelling examples in complex procedural skills training: a randomised study. *Med Educ.* 2013; 47:888-898.
22. Bhojwani D, McNutt A. Simulation and the Surgeon during COVID-19: The Double 2s Surgical Emergencies Course. *Br J Surg.* 2021 May; 108(Suppl 2):134.132.
23. Leitao DJ, Jones JLP. Pediatric rigid bronchoscopy and foreign body removal during the COVID-19 pandemic: case report. *J Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2020; 49:66.
24. Soma M, Jacobson I, Brewer J, Blondin A, Davidson G, Singham S. Operative team checklist for aerosol generating procedures to minimize exposure of healthcare workers to SARS-CoV-2. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2020; 34:110075.

## 6.2 Artigo 2: Treinamento de broncofibroscopia em simulador: estudo randomizado comparando *Modelling Example* e Videoaula

**Resumo:** O desenvolvimento de simuladores permitiu novas possibilidades de treinamento em broncoscopia. Por ser uma habilidade complexa, sua aprendizagem engloba domínios cognitivos e habilidades motoras. Baseado na teoria da carga cognitiva (TCC), este trabalho objetivou avaliar o rendimento da metodologia *modelling example*, no treinamento dessa habilidade bem como seu efeito na carga cognitiva no aprendizado. **Métodos:** 47 estudantes de Medicina participaram de um programa de treinamento de broncoscopia com simulador virtual, divididos em grupo-controle e *modelling example*. Foram avaliados pelas métricas do simulador no pré-teste, pós-teste, teste de retenção (15 dias após treinamento) e teste tardio (após 12 meses). Avaliou-se a carga cognitiva por meio da escala de Paas. Utilizou-se os testes de Friedman e Mann-Whitney para análise estatística. **Resultados:** O treinamento em simulador foi eficaz para ambos os grupos ( $p < 0,05$ ). Houve manutenção do conhecimento em médio prazo, com resultados semelhantes ao pós teste ( $p > 0,05$ ). Entretanto, o grupo *modelling example* apresentou desempenho superior ao grupo-controle nessas duas fases em todas as medidas ( $p < 0,001$ ). Após 12 meses houve declínio das habilidades em ambos os grupos, mas o grupo-intervenção apresentou desempenho superior ( $p < 0,001$ ). O treinamento no simulador proporcionou redução da carga cognitiva, porém com valor estatisticamente menor no grupo *modelling example* ( $p < 0,001$ ), conforme postula a TCC. **Conclusão:** O grupo *modelling example* evidenciou ganhos substanciais em relação ao grupo-controle, tanto na redução da carga cognitiva para seu aprendizado como na retenção do conhecimento em médio prazo. Houve declínio das habilidades após 12 meses sem treinamento, mas ainda assim o grupo-intervenção obteve melhores resultados.

**Palavras-chave:** Broncoscopia. Carga Cognitiva. *Modelling Example*. Simulador.

**“Simulation-based bronchoscopy training: randomised trial comparing *Modelling*  
*Example to Videoclass*”**

**Abstract:** The development of simulators has allowed for new possibilities in bronchoscopy training. Learning this complex skill involves cognitive domains and motor skills. Based on the cognitive load theory (CLT), this study aimed at evaluating how effective the modeling example methodology is in training this skill and its effect on cognitive load in learning. **Methods:** Forty-seven medical students participated in a bronchoscopy training program using a virtual simulator and were divided into the control group and the modeling example. They were evaluated by the simulator’s metrics in the pre-test, post-test, retention test (15 days after training), and delayed test (after 12 months). We adopted the Paas scale to examine cognitive load and the Friedman and Mann-Whitney *U* tests to conduct the statistical analysis. **Results:** Simulation-based training was effective for both groups ( $p < 0.05$ ). Knowledge was retained in the medium term as the results were similar to the post-test results ( $p > 0.05$ ). However, the modeling example group outperformed the control group in these two phases in all measures ( $p < 0.001$ ). After 12 months, there was a decline in skill in both groups, but the intervention group performed better ( $p < 0.001$ ). Simulation-based training reduced cognitive load, but the modeling example group presented a statistically lower value ( $p < 0.001$ ), as postulated by CLT. **Conclusion:** The modeling example group showed substantial gains over the control group, both in reducing the cognitive load in learning and in retaining knowledge in the medium term. There was a decline in skill after 12 months without training, but the intervention group still exhibited better results.

**Keywords:** bronchoscopy, cognitive load, modeling example, simulator

## INTRODUÇÃO

A realização da broncofibroscopia engloba conhecimento da anatomia, domínios cognitivos e habilidades, como destreza e coordenação<sup>1</sup>. Em seu método tradicional de ensino (“*see one, do one, teach one*”) aprendizes realizam o procedimento diretamente no paciente supervisionados por profissionais experientes. Este método, apesar de seguro, devido à inexperiência do aprendiz e elevado estresse, há risco de complicações<sup>2</sup>.

O surgimento de simuladores revolucionou o ensino médico. A simulação permite estruturação do treinamento e exposição a eventos raros, em ambiente isento de riscos e pouco estresse<sup>3</sup>. As primeiras simulações em broncoscopia, utilizaram-se de modelos animais<sup>4</sup>. Com desenvolvimento tecnológico, surgiram simuladores virtuais de alta realidade, que detectam movimentos do operador, simulam incursões respiratórias e fornecem *feedback* ao término do exame<sup>5</sup>. Sua utilização permitiu ganhos na aprendizagem dessa habilidade em ambiente virtual e em pacientes reais no treinamento de broncoscopistas em fases iniciais<sup>6</sup>. Entretanto, ainda não está amplamente inserido no treinamento de estudantes de medicina, embora se beneficiem para conhecimento da anatomia e oportunidade de interesse nessa área.

Pelo fato de serem equipamentos onerosos, métodos de treinamento com vantajosas relações custo-efetividade tornam-se necessários. Um fator fundamental para o aprendizado de habilidades complexas, como broncoscopia, é o processo de ensino-aprendizagem aliado ao esforço mental. Baseado na Teoria da Carga Cognitiva (TCC) de Sweller<sup>7</sup>, há ligação da limitada capacidade de memória de trabalho com a ilimitada memória de longo prazo. Postula-se que, para o adequado aprendizado, especialmente para iniciantes, devem-se manejar adequadamente as cargas cognitivas, promovendo redução da carga extrínseca (carga ineficaz) por meio de melhorias na carga intrínseca (inerente à tarefa) e liberando espaço na memória de trabalho para otimização da carga relevante (germânica), e a consequente formação de esquemas mentais<sup>8, 9, 10</sup>.

Surgiram então princípios de métodos instrucionais capazes de manejar tais cargas. Um deles é o *worked example* (WE), no qual exemplos, por escrito, constituem-se de sentença e solução<sup>11</sup>. Um dos seus formatos, conhecido como *modelling example*, ocorre por meio observacional de modelos. Podem ser humanos ou animados e apresentados por vídeo ou presencialmente ao aprendiz. Consiste em apresentar uma solução didática para a execução das tarefas, apropriado durante fases iniciais do aprendizado e naquelas atividades de alta interatividade<sup>12</sup>.



A metodologia WE atrelada aos domínios da TCC é motivo de interesse na educação médica<sup>13</sup>. Sua aplicabilidade, no formato escrito em raciocínio clínico, identificou benefícios<sup>14</sup>. No formato *modelling example* foi eficaz em habilidades clínicas como desempenho diagnóstico<sup>15</sup> e comunicação de notícias ruins<sup>16</sup>. No ambiente de simulação em técnicas cirúrgicas, foi eficaz em sutura, amarração de nós<sup>17</sup> e cirurgia robótica<sup>18</sup>. No ensino em broncoscopia com simuladores virtuais, sua aplicabilidade recentemente vem sendo investigada. Estudo precursor avaliou a integração dessa metodologia a um programa de treinamento com estudantes de medicina. Observou-se que o grupo *modelling example* foi significativamente superior em relação ao grupo-controle, a partir das métricas do próprio simulador<sup>19</sup>. O *modelling example* inter pares também se mostrou efetivo no treinamento de broncoscopia em simuladores com estudantes de medicina, com melhora no desempenho dos participantes após treinamento<sup>20</sup>.

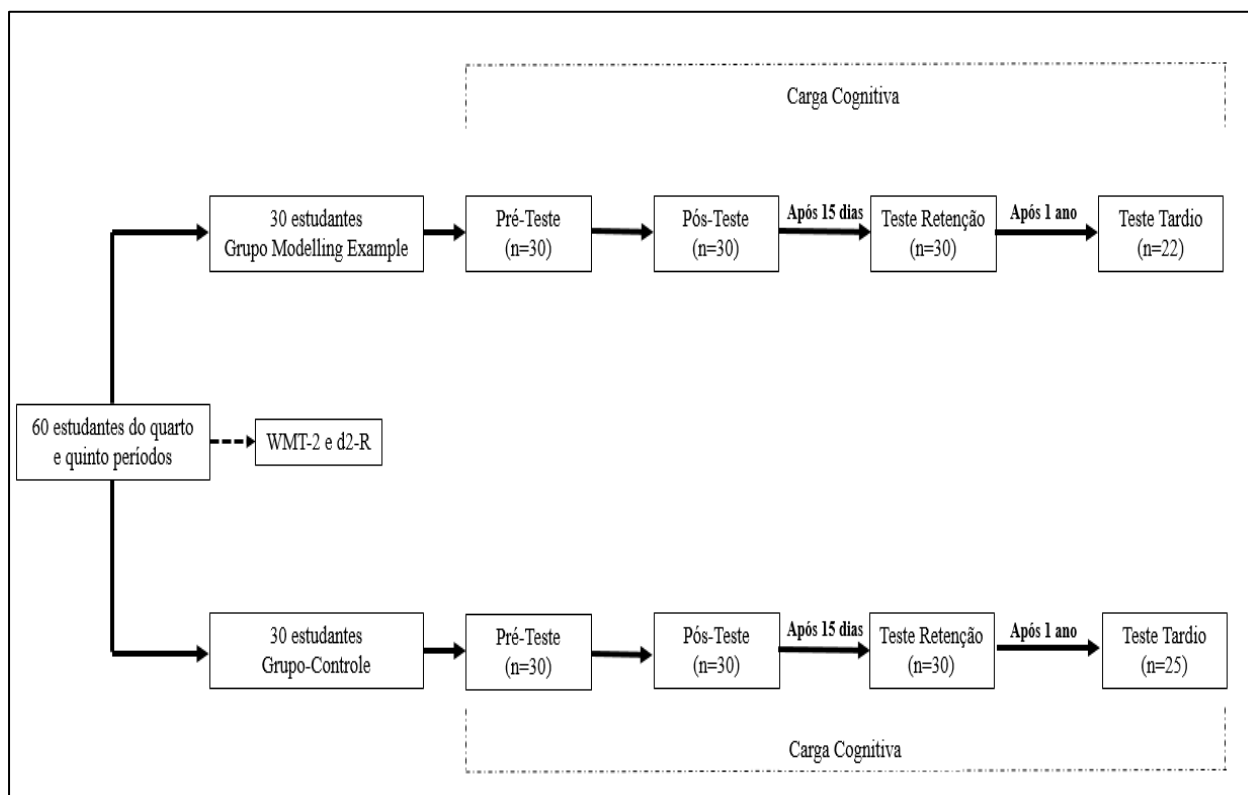
Porém, ainda não foi observado se a utilização da metodologia *modelling example* no ensino de broncoscopia em simuladores apresenta impacto na carga cognitiva dos aprendizes durante seu treinamento e se de fato há retenção do conhecimento nessa habilidade em longo prazo.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia do método de ensino *worked example*, em seu formato *modelling example* presencial, no treinamento de broncoscopia em simulador virtual e a retenção do conhecimento nessa habilidade em longo prazo, além de verificar seu efeito na carga cognitiva dos aprendizes no processo de aprendizagem.

## MÉTODOS

### Desenho do estudo

Ensaio clínico controlado randomizado que avaliou o *modelling example* presencial no aprendizado de broncoscopia em simulador em curto (teste imediato), médio (após 15 dias) e longo prazo (após 12 meses), além de investigar seu efeito na carga cognitiva (Figura 1).

**Figura 1 – Desenho do Estudo**

## Participantes

Participaram 47 estudantes do 3o ano de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), no Laboratório de Simulações (LabSim), em setembro, outubro e novembro de 2019, com posterior retorno em novembro e dezembro de 2020. Para assegurar homogeneidade entre os grupos, todos os participantes pertenciam à mesma instituição e cursavam o terceiro ano. Portanto, dispunham de conhecimentos de anatomia do trato respiratório, mas não tinham tido contato com simulação em broncoscopia. O recrutamento foi realizado pessoalmente, por visitas às turmas elegíveis. Aqueles que já tinham tido contato com broncoscopia foram excluídos.

## Aparelho simulador utilizado

Utilizou-se o simulador de broncoscopia virtual *AccuTouch Flexible Bronchoscopy Simulator®*, *Immersion Medical Systems*, EUA. Trata-se de aparelho com haste bronoscópica flexível e sistema de computador. Dispõe de um componente que reproduz a face humana com área na região nasal para inserção dessa haste e um *software* que identifica movimentos do operador e simula a presença de secreção endobrônquica e movimentos

respiratórios. Durante a execução do exame, dados vitais são registrados no monitor. Ao término, o aparelho fornece *feedback* com as seguintes métricas do simulador: tempo de realização da broncoscopia, número de colisões em parede brônquica, tempo de “red-out e percentual de brônquios examinados.

### **Protocolo do Estudo**

Os participantes foram randomizados através de um gerador eletrônico de números aleatórios em dois grupos: grupo-controle (videoaula-VA) e grupo-intervenção (*modelling example-WE*). Foram submetidos aos testes de quociente de inteligência (WMT-2) e atenção (d-2R), para garantir que os grupos eram comparáveis. O teste d-2R é composto de medidas de desempenho de concentração (DC), objetos alvo processados (OAP) e porcentagem de erros (E%).

Ambos os grupos assistiam aula introdutória (por vídeo ou presencial) de 20 minutos contendo revisão da anatomia, aplicabilidade da broncoscopia e sequências didáticas do movimento das mãos e punhos durante o exame.

O programa de treinamento ocorreu individualmente. Um atlas da anatomia das vias aéreas estava constantemente disponível. Durante o treinamento, os voluntários realizaram três casos de simulações e cada um dos casos repetido por duas vezes. Na primeira, era utilizado o modo *road signs*, que nomeava os brônquios examinados. No grupo *modelling example*, o instrutor, previamente à realização da broncoscopia pelos alunos, executava o exame, enquanto o aluno lhe assistia. Para dirigir a atenção deles às partes essenciais do exame, cada caso-exemplo foi acompanhado por dicas verbais. No primeiro, com cinco minutos, o instrutor realizou a broncoscopia com orientações sobre manipulação do aparelho. No segundo, também por cinco minutos, a atenção foi direcionada para a anatomia, e no terceiro, com três minutos, indicava-se a sistematização do exame.

Os estudantes tinham até 15 minutos para realizar as broncoscopias, mas eram orientados a realizar sua melhor broncoscopia no menor tempo possível. Finalizado o exame, as métricas do simulador eram exibidas no monitor. O instrutor revelava ao aluno seu desempenho baseado nessas métricas, seguido de *feedback* estruturado acerca do movimento das mãos e a postura durante o exame.

Os alunos foram avaliados no pré-teste, pós-teste, teste de retenção (após 15 dias) e teste tardio (após 12 meses). Avaliou-se a carga cognitiva dos participantes em todas essas fases avaliativas. Inicialmente, contou-se com 60 estudantes. Após um ano, 47 desses

retornaram ao laboratório. Dessa forma, nossos resultados foram baseados nesses 47 alunos, sendo 25 do grupo videoaula e 22 do grupo *modelling example*.

### **Medidas de resultado**

Baseado nas métricas do simulador, utilizou-se as seguintes variáveis validadas<sup>21</sup>: a) tempo de realização da broncoscopia; b) número de colisões em parede brônquica; c) tempo de “red-out; d) percentual de brônquios examinados; e) percentual de brônquios examinados/minuto. A medida validada - porcentagem de brônquios examinados/minuto - foi incluída, pois reflete melhor as habilidades do que essas medidas isoladamente.

Na pesquisa da carga cognitiva foi aplicada a escala de Paas. Escala unidimensional de esforço mental, composta de escala Likert de um a nove, sendo um o menor esforço mental e nove o maior esforço mental para o aprendizado da tarefa<sup>22</sup>.

### **Análise estatística**

Utilizou-se teste t de Student para as variáveis horas prévias dedicadas a videogame, teste de inteligência e teste de atenção (DC, OAP e E%). Para as comparações entre as fases para cada grupo e para cada fase do estudo, foram adotados os testes de Friedman e Mann-Whitney, respectivamente. O nível de significância considerado foi  $p < 0.05$ .

### **Aspectos éticos**

O projeto de pesquisa e o termo de consentimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição nº84057318.7.0000.5149.

## **RESULTADOS**

### **Características dos participantes**

A média de idade foi de 21,5 anos, sendo 36,2% do sexo feminino e 63,8% masculino. As Tabelas 1 e 2 demonstram que não há associação ( $p \geq 0,05$ ) entre sexo e horas de videogame; e entre as variáveis DC, OAP, E% e total de pontos no WMT-2.

**Tabela 1.** Caracterização dos alunos quanto aos dados pessoais, por grupo de estudo

Grupo	n	Medidas descritivas				p
		Mínimo	Máximo	Média	d.p.	
<b>• Desempenho de Concentração</b>						
VA	25	143,0	277,0	207,5	42,0	0,498 VA = WE
WE	22	155,0	254,0	200,4	28,3	
<b>• Objetos Alvos Processados (OAP)</b>						
VA	25	145,0	284,0	220,4	43,2	0,831 VA = WE
WE	22	156,0	262,0	218,2	28,1	
<b>• Porcentagem de erros</b>						
VA	25	0,0	18,2	5,9	4,5	0,271 VA = WE
WE	22	0,6	19,7	7,6	5,9	
<b>• Total de pontos no WMT</b>						
VA	25	9,0	18,0	14,8	2,4	0,324 VA = WE
WE	22	9,0	17,0	14,1	2,2	

Legenda: VA: grupo videoaula. WE: grupo *modelling example*

**Tabela 2.** - Análises descritiva e comparativa entre os dois grupos de estudo quanto às variáveis de controle

Variável	Grupo de estudo			
	Video Aula		WE	
	n	%	n	%
<b>Sexo</b>				
Masculino	17	68,0	14	63,6
Feminino	8	32,0	8	36,4
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>22</b>	<b>100,0</b>
	p = 0,753 → WE = VA			
<b>Tempo de videogame (em horas)</b>	<b>(n = 25)</b>		<b>(n = 22)</b>	
Média ± d.p.	2,7 ± 5,4		1,4 ± 2,4	
I.C. da média (95%)	(0,5; 5,0)		(0,4; 2,4)	
Mediana (Q <sub>1</sub> - Q <sub>3</sub> )	0,0 (0,0 - 4,3)		0,0 (0,0 - 2,0)	
Mínimo - Máximo	0,0 - 21,0		0,0 - 8,0	
	p* = 0,281 → WE = VA			

Legenda: VA: grupo videoaula. WE: grupo *modelling example*. DC: Desempenho de concentração. OAP: Objetos Alvos Processados. E%: porcentagem de erros. Teste de inteligência: WMT

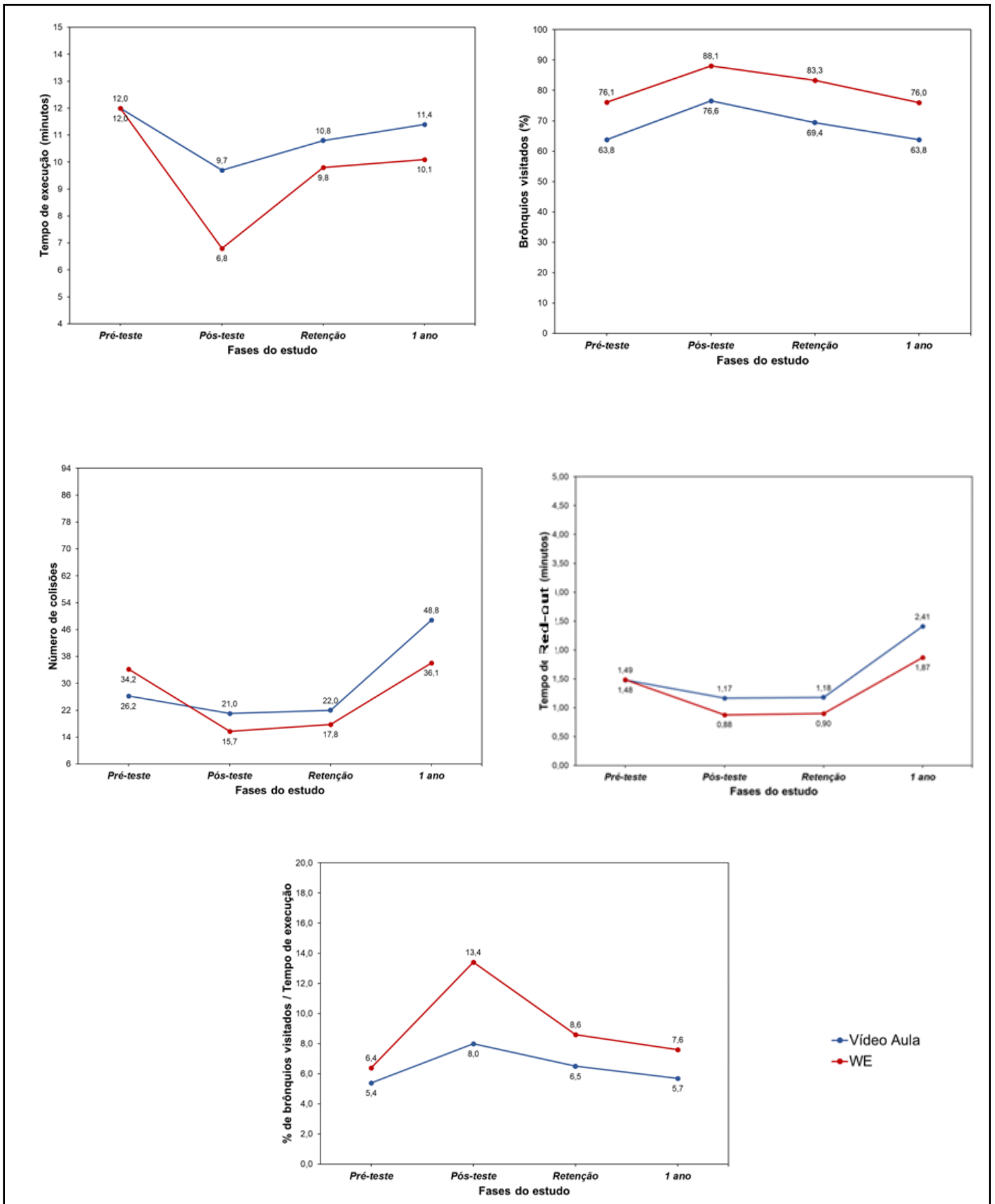
### Métricas do simulador

A Figura 2 apresenta os resultados referentes às métricas do simulador. Os grupos foram semelhantes no pré-teste, exceto quanto ao número de brônquios examinados ( $p=0,006$ ) e brônquios examinados/minuto ( $p=0,011$ ). Ambos os grupos apresentaram melhora significativa entre pré e pós-testes em todas as variáveis ( $p<0,05$ ). Entretanto, o grupo *modelling example* apresentou melhor desempenho no pós-teste, comparativamente ao grupo-controle, pois executou o exame em menor tempo ( $p<0,001$ ), além de atingir maior porcentagem de brônquios examinados ( $p<0,001$ ), menor número de colisões em parede ( $p=0,006$ ), menos “red-out” ( $p=0,001$ ) e maior número de brônquios examinados/minuto ( $p<0,001$ ).

No teste de retenção, realizado após 15 dias, ambos os grupos apresentaram resultados semelhantes àqueles obtidos nos pós-testes ( $p>0,05$ ) - exceto nas variáveis brônquios examinados ( $p<0,001$ ) e brônquios examinados/minuto ( $p<0,001$ ), no grupo videoaula e na variável brônquios examinados/minuto ( $p<0,001$ ) no grupo *modelling example*, com resultados inferiores ao pós teste. Porém, tratam-se de resultados superiores ao pré-teste em ambos os grupos. O grupo *modelling example* apresentou melhor desempenho, comparativamente ao grupo-controle também nessa fase, levando menos tempo para execução da broncoscopia ( $p=0,005$ ), maior porcentagem brônquica examinada ( $p<0,001$ ), menor número de colisões em parede ( $p=0,011$ ), menos “red out” ( $p<0,001$ ) e mais brônquios examinados/minuto ( $p<0,001$ ).

Na avaliação da retenção do conhecimento em longo prazo, após 12 meses, houve, em ambos os grupos, declínio das habilidades em todas as variáveis, assemelhando-se estatisticamente ao pré-teste - com exceção da variável tempo no grupo *modelling example*, com valor inferior ao pré-teste ( $p<0,001$ ), e das variáveis colisões e “red out” no grupo-controle, que apresentaram valores superiores ( $p<0,001$ ) ao pré-teste. Ao compararem-se os grupos nessa fase, novamente o grupo *modelling example* foi estatisticamente superior ao grupo-controle, com menos tempo para realização da broncoscopia ( $p<0,001$ ), maior porcentagem brônquica examinada ( $p<0,001$ ), menor número de colisões em parede ( $p=0,011$ ), menos “red out” ( $p=0,008$ ) e mais brônquios examinados/minuto ( $p<0,001$ ).

**Figura 3** - Resultados das métricas fornecidas pelo simulador em cada fase do estudo e em cada grupo

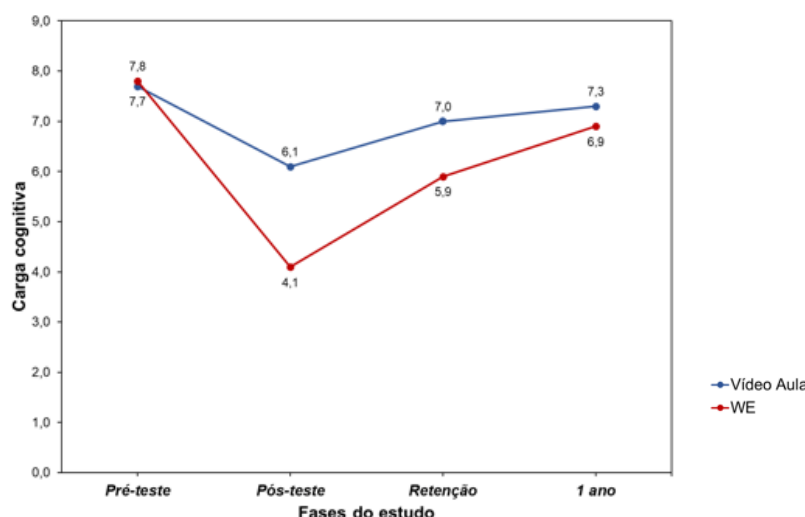


### Carga cognitiva

A Figura 3 ilustra os resultados da carga cognitiva. Não houve diferença significativa na carga cognitiva entre os dois grupos no pré-teste ( $p=0,734$ ). Após o treinamento, houve redução significativa na carga cognitiva do grupo-controle ( $p<0,001$ ) e do grupo *modelling example* ( $p<0,001$ ). No entanto, o grupo *modelling example* exibiu carga cognitiva significativamente menor ( $p<0,001$ ) que o grupo-controle.

No teste de retenção, apuraram-se valores superiores ao pós-teste em ambos os grupos ( $p<0,001$ ), porém, o grupo *modelling example* apresentou valor significativamente inferior ao grupo-controle ( $p=0,002$ ). Após um ano do treinamento, o grupo-controle demonstrou valores semelhantes ao pré-teste, enquanto os valores do grupo-intervenção foram significativamente inferiores ao pré-teste ( $p<0,001$ ).

**Figura 3** - Resultados da carga cognitiva em cada fase do estudo e em cada grupo



### DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi avaliar o impacto da metodologia *modelling example*, em seu formato presencial, no treinamento em broncoscopia virtual em curto, médio e longo prazo, e seu efeito na carga cognitiva com estudantes de medicina. Identificou-se que sua utilização permitiu melhores desempenhos nas três etapas avaliativas do estudo em relação ao grupo-controle, além da redução da carga cognitiva durante o aprendizado.

No presente estudo o treinamento em simulador de broncoscopia foi eficaz, com melhora no desempenho dos participantes, ressaltando-se a importância do treinamento em simuladores. Resultados semelhantes foram encontrados em programas de *self-training* com



médicos em formação, com melhora da destreza ( $p=0,022$ ) e precisão anatômica ( $p=0,029$ )<sup>23</sup>. Moorthy et al identificaram melhora do percentual de brônquios examinados ( $p=0,04$ ) e redução no número de colisões em mucosa ( $p=0,024$ ) com médicos em formação, comparável a broncoscopistas experientes<sup>24</sup>. O *self-training* em simuladores de broncoscopia também foi eficaz com estudantes de medicina. Veaudor et al observaram redução do tempo de procedimento e melhora do desempenho ( $p=0,002$ )<sup>25</sup>. Gopal et al identificaram melhora na *performance* dos estudantes com aumento do score no instrumento *Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool* (BSTAT) ( $p<0,0001$ )<sup>26</sup>.

Por outro lado, conforme identificado no presente estudo, a utilização da metodologia *modelling example* permitiu desempenho superior em todas as fases, proporcionando melhor aprendizado. Esses achados são semelhantes a estudo precursor de Bjerrum et al, que também avaliou o *modelling example* presencial no treinamento de broncoscopia em simulador com estudantes. Observou-se que o grupo *modelling example* foi significativamente superior em relação ao grupo-controle ( $p<0,0001$ )<sup>19</sup>. Outro estudo evidenciou que o *modelling example* interpares entre estudantes também é eficaz no treinamento de broncoscopia em simulador, com melhora no desempenho ( $p<0,001$ ), semelhante ao grupo-controle ( $p<0,16$ ). Concluiu-se que o treinamento em duplas é mais eficaz, uma vez que os mesmos recursos de instrutor e treinamento podem ser empregados<sup>20</sup>.

Em contrapartida aos nossos achados, Schertel et al não identificaram diferença entre o treinamento de broncoscopia em simulador com a presença de tutor e o *self-training* com estudantes. Ambos tiveram significativa melhora do conhecimento da anatomia. Entretanto, ao analisar-se o tamanho de efeito, apurou-se que o grupo guiado por tutor obteve maior ganho de habilidades entre o pré e pós-teste, com tamanhos de efeito médio entre 0,46 e 0,63<sup>27</sup>, revelando a importância da observação na aprendizagem dessa habilidade.

Por se tratar de treinamento de habilidade complexa, como broncoscopia, julgou-se pertinente a investigação no aprendizado em curto, médio e longo prazo. Ademais, frente a circunstâncias sem precedentes, como a COVID-19, faz-se ainda mais necessário a avaliação da aplicabilidade clínica do aprendizado de broncoscopia em simuladores uma vez que a formação de recursos humanos nesse procedimento deve se dar de maneira continuada, sem interrupções como as impostas pela pandemia. Na presente pesquisa constatou-se que o *modelling example* permitiu melhora no desempenho das habilidades após o treinamento e também a manutenção do conhecimento em médio prazo, após 15 dias. Mas, em longo prazo, detectou-se significativa queda de habilidades, embora ainda assim, com melhores resultados em relação ao grupo-controle.

O declínio de habilidades tem amparo na literatura. Já foi constatado redução de habilidades em intubação com broncofibroscopia<sup>28</sup> e isolamento pulmonar no treinamento em anestesia<sup>29</sup> após 2 meses sem treinamento. Em outras habilidades, como radiologia intervencionista, cirurgia e ressuscitação pediátrica, também evidenciou-se significativo declínio após seis meses<sup>30,31</sup>. Entretanto, esse declínio de habilidades no treinamento em broncoscopia virtual em simuladores ainda não havia sido constatada, ressaltando a originalidade do presente estudo.

Nesse contexto, o ensino médico baseado na TCC vem sendo aplicado. A construção de esquemas mentais permite a alocação de cargas cognitivas e espaço na memória de trabalho, consolidando o aprendizado<sup>9</sup>. Torna-se importante a mensuração da carga cognitiva para avaliação da efetividade do método instrucional. No presente estudo o manejo na carga intrínseca, por meio do *modelling example*, acarretou melhor desempenho na execução da broncoscopia, associado a menor esforço mental, conforme estabelecido pela TCC.

O manejo na carga intrínseca, por meio da divisão do treinamento em várias sessões em detrimento em único dia, em habilidades cirúrgicas em simuladores também se mostrou eficaz, com redução na carga cognitiva e melhora do aprendizado<sup>32</sup>. O mecanismo para esse fenômeno é pela formação de esquemas mentais, que tem implicações potenciais nos currículos de treinamento de habilidades cirúrgicas.

Por outro lado, o aumento da carga de trabalho está associado a pior desempenho. Na presente pesquisa, participantes do grupo-controle apresentaram maior carga cognitiva e menor desempenho na execução da broncoscopia. Resultados semelhantes foram encontrados no treinamento de outras habilidades complexas em simulador, como laparoscopia e amarração de nós cirúrgicos, nos quais maiores escores na carga de trabalho foram associados a pior desempenho<sup>33,34</sup>. Considera-se que a capacidade em se manter bom desempenho com baixa carga cognitiva é um importante marcador de expertise e aprendizado.

Nesse contexto, torna-se imprescindível distinguir aprendizes que de fato retêm o conhecimento daqueles que apenas mantêm bom desempenho à custa de muito esforço mental. Isso reforça a importância da escala da carga cognitiva em nosso estudo, precursor dessa avaliação em simulação de broncoscopia.

Outro ponto relevante desta pesquisa foi o *feedback* estruturado. Embora o simulador o forneça com suas métricas, postura e movimentos das mãos não são contemplados. Dessa forma, foi pertinente sua realização, reforçando as condições de controle. A importância dessa estratégia foi evidenciada no treinamento em simulação de colonoscopia e cirurgia robótica, com significativa melhora no desempenho dos participantes<sup>35,36</sup>.

Outra condição rigorosa de controle em nossa pesquisa foi a aplicação dos testes WMT-2 e d2-R. Pelo fato de a broncoscopia exigir coordenação de vários domínios cognitivos simultaneamente e para garantir que os grupos eram comparáveis, foram aplicados os testes. Assim, avaliou-se concretamente o método instrucional utilizado. Ademais, nosso protocolo de coleta de dados foi cuidadosamente projetado e ocorreu em ambiente tranquilo, minimizando a carga externa.

Esta pesquisa teve algumas limitações. Utilizou-se apenas métricas do simulador para avaliação dos aprendizes e não métodos estruturados, como o BSTAT. Entretanto, há evidência na literatura de que as métricas do simulador são capazes de discernir habilidades clínicas básicas de broncoscopistas<sup>23</sup>, atendendo aos objetivos da presente pesquisa.

Outra questão foi a aplicação de escala unidimensional de esforço mental em detrimento às escalas multidimensionais, embora estudos recentes já tenham observado sua correlação<sup>37</sup>. Escalas multidimensionais são extensas e exigem mais tempo para preenchimento, podendo acarretar prejuízo no desempenho dos estudantes. Em estudos futuros é oportuna a inclusão de conceitos de metacognição para avaliação da carga cognitiva<sup>38</sup>. Além disso, torna-se interessante avaliar se habilidades aprendidas em simulação são transferíveis a pacientes reais.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos sugerem que o treinamento de broncoscopia em simuladores é eficaz, com melhora desempenho dos aprendizes. Ao aplicar-se a TCC por meio do *modelling example*, constataram-se ganhos substanciais, associado à redução da carga cognitiva para seu aprendizado. Com o emprego desse recurso houve retenção do conhecimento em curto e médio prazo, com declínio das habilidades após 12 meses sem treinamento. Ainda assim, o *modelling example*, permitiu resultados superiores ao grupo-controle. Esse fato agrega à literatura a importância da modelagem no treinamento de broncoscopia. Fazem-se necessárias novas pesquisas para investigação da carga cognitiva com uso de escalas multidimensionais, bem como outras que avaliem a apropriação e domínio das habilidades adquiridas em simuladores e o posterior desempenho dos aprendizes em pacientes reais.

## REFERÊNCIAS

1. Fielding DI, Maldonado F, Murgu S. Achieving competency in bronchoscopy: Challenges and opportunities. *Respirology*. 2014; 19:472–482.
2. Follmann A, Pereira CB, Knauel J, Rossaint R, Czaplík M. Evaluation of a bronchoscopy guidance system for bronchoscopy training, a randomized controlled trial. *BMC Med Educat*. 2019; 19:430.
3. Stather DR, Lamb CR, Tremblay A. Simulation in flexible bronchoscopy and endobronchial ultrasound. *J Bronchol Intervent Pulmonol*. 2011 Jul; 18(3).
4. Ram B, Oluwole M, Blair RL, Mountain R, Dunkley P, White PS. Surgical simulation: an animal tissue model for training in therapeutic and diagnostic bronchoscopy. *J Laryngol Otol*. 1999; 113:149–151.
5. 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):280–6.
6. Kennedy CC, Maldonado F, Cook DA. Simulation-based bronchoscopy training: systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2013; 144:183-92.
7. Sweller J, Van Merriënboer JJ, Paas F. Cognitive architecture and instructional design. *Educ Psychol Rev*. 1998; 10:251-96.
8. Sweller J. *Cognitive load theory: Recent theoretical advances*. In: Plass JL, Moreno R, Brünken R. (eds.). *Cognitive load theory*. Cambridge University Press, 2010 (p. 29–47).
9. Ghanbari S, Haghani F, Barekatain M, Jamali A. A systematized review of cognitive load theory in health sciences education and a perspective from cognitive neuroscience. *J Edu Health Promot*. 2020; 9:176.
10. Van Merrienboer JJG, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Med Educ*. 2010; 44(1):85–93.
11. Renkl A. Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *cognitive science*. 2014; 38:1–37.
12. Boekhout P, Van Gog T, Van de Wiel MWJ, Gerards-Last D, Geraets J. Example-based learning: Effects of model expertise in relation to student expertise. *Br J Educat Psychol*. 2010; 80, 557–566.
13. Yu Qi Qiao, Jun Shen, Xiao Liang, Song Ding, Chen FY, Shao L, *et al*. Using cognitive theory to facilitate medical education. *Med Educat*. 2014; 14:79.
14. Fernandes RAF, Malloy-Diniz LF, Vasconcellos MC, Camargos PAM, Ibiapina C. Adding guidance to deliberate reflection improves medical student’s diagnostic accuracy. *Med Educat*. 2021.
15. Chamberland M, Mamede S, St-Orange C, Setrakian J, Schmidt HG. Does medical students’ diagnostic performance improve by observing examples of self-explanation provided by peers or experts? *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2015 Oct; 20(4):981-93. Doi: 10.1007/s10459-014-9576-7.
16. Schmitz FM, Schnabel KP, Bauer D, Bachmann C, Woermann U, Guttormsen S. The learning effects of different presentations of worked examples on medical students’

- breaking bad news skills: A randomized and blinded field trial. *Patient Educat Couns*. 2018; 101:1439–1451.
17. Ong MN, Lew KM, Cheong YJ, Ting EWX, Boharia B, Yita T. *et al*. Can We use peer-assisted learning to teach basic surgical skills? *Malays J Med Sci*. 2020; 27(5):101–107.
  18. Harris DJ, Vine SJ, Wilson MR, MCGrath JS, LeBel ME. A randomised trial of observational learning from 2D and 3D models in robotically assisted surgery. *Surg Endosc*. 2018; 32:4527–4532.
  19. Bjerrum AS, Hilberg O, Gog TV, Charles P, Eika B. Effects of modelling examples in complex procedural skills training: a randomised study. *Medical Education*. 2013; 47:888–898.
  20. Bjerrum AS, Eika B, Charles P, Hilberg O. Dyad practice is efficient practice: a randomized bronchoscopy simulation study. *Med Educat*. 2014; 48: 705–712.
  21. Moorthy K, Smith S, Brown T, Bann S, Darzi A. Evaluation of virtual reality bronchoscopy as a learning and assessment tool. *Respiration*. 2003; 70(2):195–9.
  22. Pass F, Tuovinen JE, Tabbers H, Van Gerven PWM. Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educat Psychol*, 38(1):63–71.
  23. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest* 2001; 120 (4):1333–9.
  24. Moorthy K, Smith S, Brown T, Bann S, Darzi A. Evaluation of virtual reality bronchoscopy as a learning and assessment tool. *Respir Int Rev Thorac Dis*. 2003; 70(2):1959.
  25. Veaudor M, Gérinère 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):1–8.
  26. 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* [Internet]. 2018; 106(1):280–6.
  27. Schertel A, Geiser T, Hautz WE. Man or machine? Impact of tutor-guided versus simulator-guided short-time bronchoscopy training on students learning outcomes. *BMC Med Educat*. 2021; 21:123.
  28. Latif RK, 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; 30:12–19.
  29. Latif RK, VanHorne EM, Kandadai SK, Bautista AF, Neamtu A, Wadhwa A, *et al*. Teaching basic lung isolation skills on human anatomy simulator: attainment and retention of lung isolation skills. *BMC Anesthesiol*. 2016; 16: 7.
  30. Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med*. 2004; 79(10 Suppl):S70–S81.
  31. Braun L, Sawyer T, Smith K, Hsu A, Behrens M, Chan D, *et al*. Retention of pediatric resuscitation performance after a simulation-based mastery learning session: a multicenter randomized trial. *Pediatr Crit Care Med*. Feb 2015; 16(2):131-8

32. Andersen SAW, Konge L, Sørensen MS. The effect of distributed virtual reality simulation training on cognitive load during subsequent dissection training. *Med Teach*. Jul. 2018; 40(7):684-689.
33. Yurko YY, Scerbo MW, Prabhu AS, Acker CE, Stefanidis D. Higher mental workload is associated with poorer laparoscopic performance as measured by the NASA-TLX tool. *Simul Healthc*. Oct. 2010; 5(5):267-71.
34. Haji FA, Khan R, Regehr G, Drake J, Ribaupierre S, Dubrowski. A. Measuring cognitive load during simulation-based psychomotor skills training: sensitivity of secondary-task performance and subjective ratings. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. Dec. 2015.
35. Mahmood T, Darzi A. The learning curve for a colonoscopy simulator in the absence of any feedback: no feedback, no learning. *Surg Endosc*. Aug. 2004; 18(8):1224-30.
36. Lee GI, Lee MR. Can a virtual reality surgical simulation training provide a self-driven and mentor-free skills learning? Investigation of the practical influence of the performance metrics from the virtual reality robotic surgery simulator on the skill learning and associated cognitive workloads. *Surg Endosc*. 2018; 32(1):62–72.
37. Toy S, Miller CR, Guris RJD, Duarte SS, Koessel S, Schiavi A. Evaluation of 3 cognitive load measures during repeated simulation exercises for novice anesthesiology residents. *Simul Healthc*. Dec. 2020; 15(6):388-396.
38. Young JQ, Sewell JL. Applying cognitive load theory to medical education: construct and measurement challenges. *Perspect Med Educ*. Jun. 2015; 4(3):107–109.

### 6.3 Artigo 3: Fluência verbal semântica na avaliação do aprendizado de broncofibroscopia em simulador

**Resumo:** A cognição é função psicológica essencial para o aprendizado. Uma das formas de sua avaliação é por meio do teste de fluência verbal semântica, que permite avaliar a capacidade de armazenamento do sistema de memória, habilidade em resgatar essas informações e processamento de funções executivas. Sua aplicabilidade já foi evidenciada em diversas patologias. Porém, ainda não havia sido utilizada na avaliação do aprendizado em determinada habilidade médica. **Objetivo:** comparar o aprendizado de broncoscopia em simulador em longo prazo entre as metodologias *modelling example* e videoaula através do teste de fluência verbal semântica. **Métodos:** estudantes de medicina foram submetidos a treinamento de broncoscopia em simulador, divididos em: grupo videoaula (grupo controle) e *modelling example* (grupo intervenção). Os mesmos eram avaliados a partir das métricas do próprio simulador. Após um ano do treinamento, aplicou-se o teste de fluência verbal semântica. Avaliou-se se o mesmo é capaz de refletir o ganho cognitivo em longo prazo. **Resultados:** Os grupos diferiram na quantidade de acertos, erros, edges, density e diameter, com magnitude de efeito moderada ( $r$  entre 0.3 e 0.5). O grupo *modelling example* apresentou maior número de acertos, uma rede menos densa, com mais links e diâmetro maior, explicitando a consolidação do conhecimento aprendido. **Conclusão:** O teste de fluência verbal semântica evidenciou uma rede cognitiva de aprendizado melhor no grupo *modelling example* quando comparado a videoaula em broncoscopia em simulador. Esse teste mostrou-se uma ferramenta útil na avaliação do aprendizado em educação médica. Faz-se necessário novos estudos acerca do tema.

**Palavras-chave:** aprendizagem, educação médica, teste de fluência verbal semântico

## Semantic Verbal Fluency Test in the Assessment of Bronchoscopy Learning in a Simulator

**Abstract:** Cognition is an essential psychological function for learning. One form to evaluate it is through the semantic verbal fluency test, which allows the assessment of the memory system's storage capacity, ability to retrieve this information and processing of executive functions. Its applicability has already been evidenced in several pathologies. However, it had not yet been used in the assessment of learning in a particular medical skill. **Objective:** Compare the long-term learning of bronchoscopy in a simulator between the methodologies modelling example and video class through semantic verbal fluency. **Methods:** medical students underwent bronchoscopy training in a simulator, divided into: video class group (control group) and *modelling example* group (intervention group). They were evaluated from the simulator metrics. After one year of training, the semantic verbal fluency test was applied. It was evaluated whether it is capable of reflecting long-term cognitive gain. **Results:** The groups differed in the number of hits, errors, edges, density and diameter, with a moderate effect magnitude ( $r$  between 0.3 and 0.5). The intervention group (*modelling example*) had a higher number of correct answers, a less dense network, with more links and a larger diameter, demonstrating the consolidation of the knowledge learned. **Conclusion:** The semantic verbal fluency showed a better cognitive learning in the *modelling example* group when compared to the video class in bronchoscopy in simulator. This test showed to be a useful tool in the assessment of learning in medical education. Further studies on the subject are necessary.

**Keywords:** learning, medical education, semantic verbal fluency test



## INTRODUÇÃO

A cognição é função psicológica atuante na aquisição do conhecimento, que ocorre por meio de processos como percepção, atenção, associação, memória, imaginação, pensamento e linguagem. Trata-se de habilidade essencial para o aprendizado<sup>1</sup>.

Uma das formas de sua avaliação é por meio do teste de fluência verbal, no qual os participantes reproduzem em voz alta o maior número possível de palavras de determinada categoria em determinado tempo. Pode ser estabelecida categoria semântica (por exemplo: animais) ou fonética (como palavras que iniciem com determinada letra específica)<sup>2</sup>.

Assim, avalia-se a capacidade de armazenamento do sistema de memória, habilidade em resgatar essas informações e processamento de funções executivas<sup>3</sup>. Os escores de padrões desse teste são amplamente utilizados na avaliação neurológica de crianças e idosos<sup>4</sup>. Apresenta-se alterado em processos patológicos, como demências, transtornos de hiperatividade e déficit de atenção e depressão<sup>3</sup>.

O parâmetro mais utilizado para avaliação de desempenho no teste semântico é o número de palavras ditas corretamente durante o intervalo de tempo. Isso se justifica porque a ordem em que as palavras são reproduzidas, dentro de grupamentos estabelecidos, permite a construção de uma rede<sup>5</sup>, surgindo o conceito de modelos de associação semântica.

Baseado nesse conceito foi proposta a construção de uma rede semântica utilizando-se o teste de fluência verbal, representando a memória semântica em formato de gráfico. A partir das palavras ditas pelo participante constrói-se uma rede de palavras relacionadas representadas por pontos, que se ligam quando há relação semântica direta entre elas. As características de interesse na análise da rede incluem o número de pontos formados e o número de pontes entre eles, além de variáveis relacionadas à sua interconexão<sup>6</sup>. Estudos das mais diversas áreas, como em pacientes com déficit cognitivo leve ou Alzheimer, utilizaram essa construção gráfica. Entretanto, essa estratégia ainda não foi aplicada no âmbito da educação médica.

Nesse contexto, o presente trabalho propôs-se a avaliar se as propriedades gráficas de redes construídas a partir do teste de fluência verbal semântica podem refletir o aprendizado e ganhos cognitivos de estudantes de medicina em longo prazo, a partir de uma habilidade aprendida.

## MÉTODOS

Estudo com 47 estudantes de medicina da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) no treinamento de broncoscopia em simulador virtual. Os

participantes foram divididos em: grupo-controle (videoaula-VA) e grupo-intervenção (*modelling example-WE*). Ambos assistiam a uma aula introdutória (por vídeo ou presencial, respectivamente) contendo revisão da anatomia e broncoscopia. Acrescido a isso, no grupo intervenção *modelling example*, o instrutor, previamente à realização da broncoscopia pelos alunos, executava o exame, enquanto o aluno lhe assistia. Os estudantes tinham até 15 minutos para realizar as broncoscopias, orientados a realizar sua melhor broncoscopia no menor tempo possível. Finalizado o exame, as métricas do simulador eram exibidas no monitor, a saber: a) tempo de realização da broncoscopia; b) número de colisões em parede brônquica; c) tempo de “red-out; d) percentual de brônquios examinados; e) percentual de brônquios examinados/minuto.

Os alunos foram avaliados a partir das métricas do próprio aparelho em teste imediato (logo após o treinamento), teste de retenção (após 15 dias) e teste tardio (após 12 meses). Aplicou-se o teste de fluência verbal semântico a esses alunos na avaliação após 12 meses, a fim de estabelecer se o mesmo é capaz de refletir o aprendizado e ganho cognitivo em longo prazo a partir dessa habilidade aprendida.

### **Medidas**

As sequências de palavras produzidas foram representadas em uma rede de discurso (*speech graph*), utilizando o software SpeechGraphs<sup>7</sup>. Esse software representa a sequência de palavras produzidas em uma rede, onde cada palavra é um nó (*nodes*) e a relação temporal entre palavras são arestas (*edges*). Avaliou-se os seguintes parâmetros: a) *edges* (número de ligações entre os *nodes*), b) *density* (razão de ligações existentes com base no número possível de ligações), c) *diameter* (o caminho mais curto entre os *nodes* mais distantes) e d) *largest strongly connected component* (LSC) (tamanho máximo de uma sub-rede em que todos os nodes são atingíveis diante da recorrência de um node – representando uma rede cíclica).

### **Análise estatística**

Os grupos foram comparados através do teste U de Mann-Whitney. Foi utilizada a correlação de Spearman, com correção de Bonferroni, entre as medidas de fluência (clássicas e de rede) e as métricas fornecidas pelo simulador de broncoscopia, para a verificação da relação entre a qualidade da rede semântica construída sobre e o desempenho na execução da broncoscopia, ambas realizadas após um ano da intervenção. Foi adotada a significância estatística de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

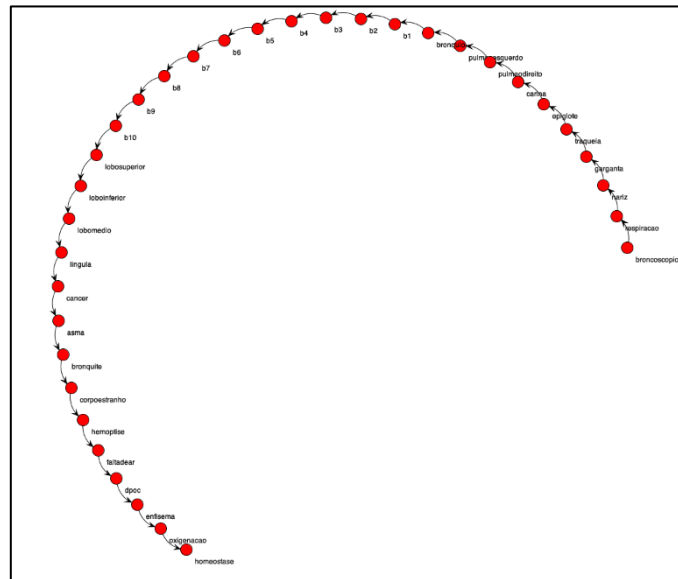
A Tabela 1 descreve os resultados dos grupos nas medidas de fluência verbal clássicas e de rede, bem como apresenta a comparação entre os grupos. Os grupos diferem na quantidade de acertos, erros, edges, density e diameter, com magnitude de efeito moderada ( $r$  entre 0.3 e 0.5). O grupo WE apresenta maior número de acertos, uma rede menos densa, com mais links e diâmetro maior. O grupo VA apresentou maior número de erros. As figuras 1 e 2 exemplificam o gráfico de redes de um participante do grupo WE e do grupo VA, respectivamente.

**Tabela 1.** Descritivas e comparação entre os grupos VA e WE nas medidas clássicas de rede da tarefa de fluência verbal

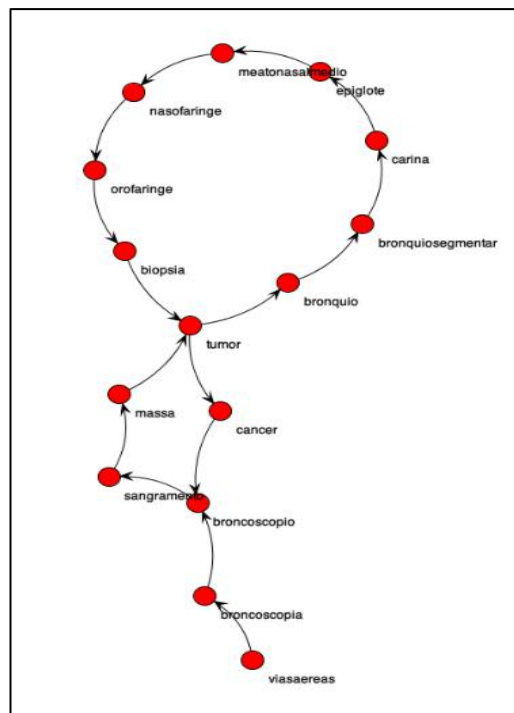
Medidas	Grupos	Média (dp)	Mín-Máx	Mediana	Q1-Q3	z	p	r
Acertos (Nodes)	VA	16.56 (4.50)	10-27	15	14-18	-3,145	0.001	0.46
	WE	21.27 (5.71)	13-34	20	18-23			
Erros	VA	1,44 (1.52)	0-6	1	0-2	2,963	0.003	0.43
	WE	0.41 (0.73)	0-2	0	0-1			
Edges	VA	17.84 (4.84)	12-33	16	15-20	-2,430	0.015	0.35
	WE	21.04 (5.50)	14-33	19	18-23			
Density	VA	0.13 (0.03)	0.08-0.21	0.12	0.11-0.15	2,862	0.004	0.41
	WE	0.10 (0.02)	0.05-0.16	0.10	0.09-0.11			
Diameter	VA	12.44 (5.18)	5-24	12	9-15	-2,885	0.004	0.42
	WE	17.86 (6.67)	7-33	18.5	12-21			
LSC	VA	6.84 (6.44)	1-22	5	1-10	1,250	0.211	0.18
	WE	5.54 (7.75)	1-25	1	1-11			

LSC: *largest strongly connected componente*; min: mínimo; max: máximo; dp: desvio padrão; Q1-Q3: primeiro e terceiro quartil, r: magnitude de efeito

**Figura 1.** Gráfico de rede de um participante do grupo WE



**Figura 2.** Gráfico de rede de um participante do grupo VA



A Tabela 2 apresenta a correlação entre as medidas da broncoscopia executada um ano após a intervenção com as medidas de fluência verbal. Nenhuma correlação se manteve significativa após a correção de Bonferroni.

**Tabela 2.** Correlação entre as medidas de fluência verbal e as da broncoscopia

	Tempo de execução	Brônquios examinados	Brônquios examinados/ minuto	Colisões	Tempo red-out
Acertos	-0.287	0.316*	0.386*	-0.157	-0.034
Erros	0.358*	-0.221	-0.295*	0.232	0.143
<i>Edges</i>	-0.233	0.320*	0.359*	-0.085	0.026
<i>Density</i>	0.250	-0.280	-0.337*	0.131	0.024
<i>Diameter</i>	-0.386	0.275	0.383*	-0.092	-0.040
LSC	0.278	-0.106	-0.201	-0.082	-0.039

\*Correlações significativas sem a correção de Bonferroni.

## DISCUSSÃO

No presente trabalho observou-se que os estudantes submetidos ao treinamento de broncoscopia em simulador pelo método educacional *modelling example* apresentaram resultados superiores no teste de fluência verbal semântico em relação ao grupo-controle, explicitando a consolidação do aprendizado. Evidenciou-se que esses alunos apresentaram redes semânticas com mais itens sobre o conhecimento aprendido (*acertos/nodes*) e com mais conexões entre os itens (*edges*). Também apresentou redes mais fluidas (*density*) e com menos interrupções por erros ou repetições (*diameter*). Por outro lado, o grupo VA apresentou maior número de erros, incluindo na rede semântica itens que não compõe o conhecimento sobre broncoscopia. Trata-se de estudo precursor e inédito na incorporação da fluência verbal na educação médica.

Esse achado tem embasamento na literatura. Segundo Rumelhart *et al.* durante a fase inicial do aprendizado há o início da formação da rede semântica, de maneira fraca, pois os padrões de ativação entre as unidades são frágeis e randômicos, devido a conexões iniciais ainda aleatórias. Em contrapartida, à medida que ocorre o aprendizado e sua sedimentação, tais padrões tornam-se diferenciados, com ativação de unidades mais robustas e progressão do geral para o específico<sup>8</sup>.

Embora não haja na literatura a aplicabilidade do teste de fluência verbal na educação médica, com base nessa construção gráfica estudos já foram realizados para avaliação

cognitiva em adultos e crianças. Estudo comparou os gráficos de rede da fluência verbal entre idosos sem déficits cognitivos e aqueles com déficits cognitivos leves com a rede de paciente com doença de Alzheimer. Concluiu-se que a análise do gráfico de rede é uma técnica promissora para analisar mudanças na fluência verbal<sup>9</sup>. Outro trabalho também examinou o gráfico da rede semântica entre idosos saudáveis, aqueles com déficit cognitivo leve e pacientes com Alzheimer, identificando diferença estatística entre os três grupos<sup>5</sup>. Já outra pesquisa utilizou modelos semelhantes de análises gráficas na avaliação cognitiva psiquiátrica e na aquisição de habilidades cognitivas em crianças durante a alfabetização, mostrando-se ser ferramenta bastante interessante<sup>10</sup>.

Diante do exposto, verifica-se que o teste é eficaz na avaliação do controle executivo e avaliação do aprendizado, ou seja, é capaz de analisar um conjunto de funções neuropsicológicas que regulam os pensamentos e ações em direção a um propósito. Ao se aplicar o exame, o participante deve manter-se concentrado na atividade, alocando informações em sua memória de trabalho, selecionando palavras que se adéquem ao que foi solicitado, evitando repetições e erros. Deve também ser capaz de reproduzir palavras que se correlacionem, alterar buscas em diversas categorias em sua memória, sendo capaz de formar agrupamentos mentais robustos baseados em sua memória semântica, evidenciando o ganho da habilidade aprendida<sup>11</sup>.

Assim, a eficiência no teste de fluência verbal requer a capacidade de agrupar palavras dentro de subcategorias e a aptidão de troca para uma nova subcategoria quando essa se esgotar. Infere-se que os agrupamentos estão relacionados a processos da memória e ao lobo temporal, enquanto as trocas de categorias exigem flexibilidade mental e cognitiva, relacionando-se ao lobo frontal. O fracasso em tal teste pode ser ocasionado por falhas em pelo menos três diferentes funções cognitivas subordinadas: memória, função executiva e velocidade psicomotora<sup>8</sup>.

Dessa forma, por se tratar de ferramenta útil na avaliação cognitiva, acredita-se que estudos relacionados à sua aplicabilidade no aprendizado, tanto em habilidades simples como em habilidades complexas, possam refletir o aprendizado do aluno e seus ganhos cognitivos atrelados ao processo de ensino-aprendizagem.

## CONCLUSÃO

O teste de fluência verbal semântica é uma ferramenta interessante na avaliação da cognição e aprendizado, uma vez que reflete a capacidade de resgatar informações na memória de trabalho e, conseqüentemente, a consolidação do aprendizado em determinada

habilidade. Nesse contexto, o presente estudo demonstrou que esse instrumento pode ser útil na avaliação do aprendizado. Embora seu uso esteja bastante consolidado na avaliação neuropsicológica de crianças e adultos, sua aplicabilidade no âmbito da educação médica ainda não está explicitado, reforçando a necessidade de novos estudos acerca do assunto.

## REFERÊNCIAS

1. Warburton E, Wise RJS, Weiller C, Price CJ. Noun and verb retrieval by normal subjects Studies with PET. *Brain*. 1996; 119(1):159-179. ISSN 0006-8950.
2. Shao Z, Janse E, Vissr K, Meyer AS. What do verbal fluency tasks measure? Predictors of verbal fluency performance in older adults. *Front Psychol*. 2014; 5:772-772. ISSN 1664-1078.
3. Rodrigues AB, Yamashita ET, Chiappetta ALML. Teste de fluência verbal no adulto e no idoso: verificação da aprendizagem verbal. *Rev CEFAC, São Paulo*. Out-dez. 2008; 10(4):443-451.
4. Nickles L. Spoken word production in what deficits reveal about the human mind/brain. *A Handbook of Cognitive Neuropsychology*, ed B. Rapp (Philadelphia, PA: Psychology Press), 291–320.
5. Bertola L, Mota NB, Copelli M, Rivero T, Diniz BS, Romano-Silva MA, *et al*. Graph analysis of verbal fluency test discriminate between patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and normal elderly controls. *Front Aging Neurosci*. Jul. 2014; 6(185).
6. Goñi J, Arrondo G, Sepulcri J, Martincorena I, Mendizábal NV, Corominas-Murtra B, *et al*. The semantic organization of the animal category: Evidence from semantic verbal fluency and network theory. *Cogn Process*. May 2011; 12(2):183-96.
7. Mota, N. B., Vasconcelos, N. A., Lemos, N., Pieretti, A. C., Kinouchi, O., Cecchi, G. A., *et al*. (2012). Speech graphs provide a quantitative measure of thought disorder in psychosis. *PLoS ONE* 7:e34928. doi: 10.1371/journal.pone.0034928.
8. McClelland JL, Rogers TT. The parallel distributed processing approach to semantic cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2003; 4(4):310-322. ISSN 1471-0048.
9. Lerner AJ, Ogrocki PK, Thomas PJ. Network graph analysis of category fluency testing. *Cogn Behav Neurol*. Mar. 2009; 22(1):45-52.

10. Mota NB, Callipo R, Leite L, Torres AR, Weissheimer J, Bunge SA, *et al.* Verbal short-term memory underlies typical development of “thought organization” measured as speech connectedness. *Mind Brain Educat.* Jul. 2019.
11. Ardila A, Bernal B. Cognitive testing toward the future: The example of semantic verbal fluency (ANIMALS). *Int J Psychol.* 2006; 41:324-332.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de simuladores proporcionou ao ensino médico o treinamento da prática clínica e cirúrgica em ambiente isento de riscos ao paciente e ao aprendiz. Esse fato foi um marco no processo de ensino-aprendizagem na área da educação médica, permitindo o desenvolvimento de habilidades técnicas e raciocínio clínico com menos estresse e ansiedade pelos estudantes. Além disso, essa prática de ensino garante ao estudante a oportunidade do erro sem que isso ocasione prejuízo ao paciente, podendo aquele revisar conceitos e habilidades.

Com o progresso de tecnologia e disponibilidade de simuladores nos centros médicos de educação, fazem-se necessárias metodologias de ensino que melhor se adéquem à realidade de cada instituição de ensino, com a adoção de técnicas viáveis e eficientes. Até pouco tempo atrás, as técnicas de ensino executadas pelo professor eram “empíricas”, baseadas em sua experiência pessoal e intuição. Cada docente aplicava a metodologia que julgava ser pertinente para o ensino de determinada habilidade, mediante a utilização de técnicas que foram eficazes durante seu processo de formação. Entretanto, o desenvolvimento da linha de pesquisa em educação médica propiciou o fornecimento de bases científicas estruturadas e trabalhadas com evidências, garantindo ao professor um norteamento acerca das diversas metodologias existentes e sua melhor aplicabilidade. Isso assegurou, tanto ao aluno quanto ao professor, um processo de ensino-aprendizagem mais robusto e fortificado.

Embora tenha ocorrido intenso desenvolvimento tecnológico, principalmente nas duas últimas décadas, os laboratórios de simulação dos centros de ensino, em passado recente, ainda eram subutilizados. Devido à pandemia da COVID-19, alunos e professores se depararam com uma realidade abrupta: a necessidade de adaptação do ensino, de forma rápida, à situação adversa imposta. Dessa forma, abriu-se um campo fértil ao uso de simuladores, promovendo a continuidade do ensino, apesar do estágio da pandemia. Isso proporciona também mais interesse por parte dos alunos em novas habilidades e técnicas, muitas vezes até então desconhecidas, pela falta de oportunidade de contato, garantindo ampliação do conhecimento.

Em nosso estudo integrou-se a metodologia de ensino *modelling example* ao ensino de broncoscopia em simulador. O projeto de pesquisa foi motivo de muito interesse por parte dos alunos e muitos deles relataram inúmeras vezes a felicidade e agradecimento por terem tido a oportunidade de participar. Além disso, vários *feedbacks* positivos dos participantes foram registrados, tanto em relação à oportunidade de revisar e até mesmo conhecer melhor a

anatomia da via aérea, quanto a ocasião de execução do exame, tornando-se uma circunstância conveniente de desenvolvimento de interesse nessa área médica. Para a autora desta tese, como professora, é extremamente gratificante ouvir de um aluno que participou em alguma etapa da pesquisa que a experiência pôde ser útil quando ele se deparou com casos reais na prática clínica.

Dessa forma, espera-se que este projeto seja base para o desenvolvimento e aprimoramento da pesquisa em técnicas de ensino, agregando valor e garantindo a formação de médicos capacitados e comprometidos com a excelência na prática médica.

## 8 OUTROS RESULTADOS E PERSPECTIVAS DA PESQUISA

Além dos resultados apresentados ao longo do corpo do presente trabalho, os próximos passos são a leitura dos dados obtidos pelo aparelho de EEG EMOTIV EPOC+®. Trata-se de estratégia inovadora no campo de educação médica e bastante promissora em nossa linha de pesquisa.

Outra contribuição ocasionada por este trabalho foi o desenvolvimento e participação de alunos em iniciação científica, garantindo e permitindo o contato de estudantes no projeto, além da oportunidade de desenvolvimento do interesse e participação dos estudantes no campo da pesquisa. Ademais, a partir do interesse dos estudantes, fui convidada a ministrar aulas acerca do tema para os participantes da Liga de Simulação. Acredito ser essa uma oportunidade para que outros alunos conheçam o simulador disponível, as indicações, contraindicações e técnicas para realização do exame, momento que julgo oportuno para aguçar o interesse dos estudantes tanto na área da pesquisa como no despertar do interesse nessa área da medicina.

Durante o desenvolvimento do projeto, permaneci um período na Holanda, na Universidade de Groningen, no grupo de pesquisa em educação médica conhecido como *Lifelong Learning, Education and Assesment Research Network* (LEARN). Foi uma experiência incrível, em que tive a oportunidade de conhecer outros pesquisadores na área de educação médica, outros projetos desenvolvidos, além de estudos envolvendo a broncoscopia. Pude também apresentar meu projeto a outros pesquisadores, agregando ideias e sugestões. Uma delas foi a de realizar o teste tardio após um ano com os participantes.

No período de minha estadia pude acompanhar profissionais durante a realização de broncoscopias no Hospital da Universidade de Groningen e também em Hospital Universitário na cidade de Zwolle, o que foi bastante agregador. Participei também do *4th LEARN Symposium*, momento extremamente oportuno para adquirir novos conceitos e aprendizado na linha de pesquisa em educação médica. Com certeza essa oportunidade de estar em outro país e em contato com outros projetos foi extremamente valiosa.

Baseado no conceito de simulação e adequação dos simuladores à realidade de cada instituição de ensino, nos propusemos a desenvolver um objeto educacional digital (QRCODE 2) para o ensino de broncoscopia. A partir do desenvolvimento de tecnologia e assessoria de profissional experiente no assunto, desenvolvemos um protótipo para simulação em broncoscopia com base em um programa de computador. Por meio desse instrumento o aprendiz pode ter a oportunidade de conhecer o exame e a anatomia da via área. Além disso,

trata-se de uma alternativa interessante, viável e de menor custo para utilização no ensino pulmonar em vários cenários, garantindo acesso e educação continuada nessa área da Medicina. Acreditamos que o seu uso pode ser bastante útil em nossa Universidade.

Figura 12 - QR CODE 2: Objeto educacional digital (OED) desenvolvido pelos autores da pesquisa



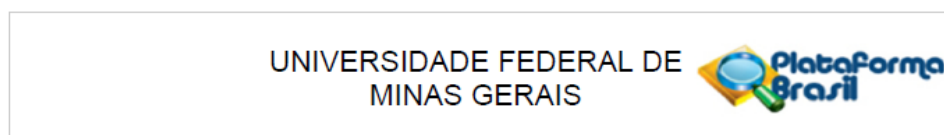
Fonte da autora.

Diante de tema tão interessante e com inúmeras oportunidades de conhecimento, pretendo criar uma linha de pesquisa docente, com a criação e desenvolvimento de novos projetos. Dessa forma, pretendo deixar como legado para a Universidade a valorização da simulação da Educação Médica, além de evidências para o aprimoramento da formação docente.

Diante de todo o exposto e nossa realidade frente à pandemia da COVID-19 reforça-se a necessidade de estudos acerca do ensino médico. A pandemia ocasionou danos intensos no ensino em Medicina, tornando-se necessária sua avaliação e desenvolvimento de estratégias eficazes. O uso de simulação tornou-se imprescindível, o que torna um campo fértil para novas pesquisas.

## ANEXOS E APÊNDICES

### Anexo A - Parecer ético do COEP



Continuação do Parecer: 2.810.447

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1047749.pdf	03/07/2018 14:00:21		Aceito
Outros	CartaResposta.pdf	03/07/2018 14:00:03	cassio da cunha ibiapina	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoLaisFinal.pdf	03/07/2018 13:56:06	cassio da cunha ibiapina	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TcleLais.pdf	19/06/2018 11:55:16	cassio da cunha ibiapina	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRostoLaisNicolielo.pdf	16/01/2018 07:54:03	cassio da cunha ibiapina	Aceito
Outros	840573187aprovacaoassinada.pdf	09/08/2018 13:24:15	Vivian Resende	Aceito
Outros	840573187parecerassinado.pdf	09/08/2018 13:24:26	Vivian Resende	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BELO HORIZONTE, 09 de Agosto de 2018

---

**Assinado por:  
Vivian Resende  
(Coordenador)**

**Anexo B - Escala de Paas**

**INSTRUÇÃO:** Este é um formulário que visa avaliar a carga cognitiva empregada em determinada tarefa. Por favor, escolha, de 1 a 9, o grau de esforço mental que a atividade “realizar broncoscopia no simulador” demandou de você, sendo:

- 1 – Esforço mental baixíssimo;
- 2 – Esforço mental muito baixo;
- 3 – Esforço mental baixo;
- 4 – Esforço mental relativamente baixo;
- 5 – Nem baixo, nem alto esforço mental;
- 6 – Esforço mental relativamente alto;
- 7 – Esforço mental alto;
- 8 – Esforço mental muito alto;
- 9 – Esforço mental altíssimo.

1    2    3    4    5    6    7    8    9

## **Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

### **Título do Projeto: Análise do impacto de exemplos de modelo de aprendizagem na aquisição de habilidades complexas como a broncoscopia flexível em simuladores**

Prezado(a) estudante,

Um dos desafios enfrentados por um professor de Medicina é contribuir para que seus alunos adquiram os conhecimentos, desenvolvam a capacidade necessária para fazer o diagnóstico diferencial de problemas clínicos e utilizem essa bagagem de conhecimento no aprendizado de habilidades complexas, como a broncoscopia flexível em simuladores.

Com o passar dos anos e inovação tecnológica, o desenvolvimento de simuladores virtuais marcou o surgimento de uma nova era no treinamento de habilidades, proporcionando a prática em um ambiente imune a riscos para o paciente e baixos níveis de estresse durante o processo de aprendizado.

Como docentes preocupados com a educação médica, consideramos importante avaliar a metodologia com melhor desempenho na elucidação diagnóstica de determinado caso clínico a ser investigado por meio da realização de broncoscopia com o aparelho virtual e comparar as metodologias de ensino e sua eficácia no aprendizado dessa habilidade complexa.

Com esse objetivo, estamos conduzindo este estudo no qual você precisará interpretar alguns casos clínicos, de acordo com as orientações fornecidas por um dos pesquisadores por meio de uma intervenção educacional, e em seguida realizar uma broncoscopia virtual desse paciente selecionado. O estudo exige dos participantes a interpretação de um caso clínico e sua realização de broncoscopia virtual, dessa forma o risco é mínimo. Caso haja alguma dúvida ou intercorrência, um professor estará à disposição.

Esta tarefa será executada em duas sessões diferentes: primeiro, uma aula; e em seguida, a prática. A aula terá duração de cerca de 20 minutos e nela serão feitas revisão sobre a anatomia das vias aéreas, utilização e aplicabilidade da broncoscopia e sua técnica de realização. Em seguida, serão realizadas broncoscopias selecionadas.

Rubrica do participante

Nesse momento, o EMOTIV® (aparelho portátil de eletroencefalograma) será devidamente adaptado à cabeça do estudante e será conectado por *bluetooth* a um computador. O aluno deverá analisar um caso clínico previamente selecionado e, em seguida, realizar a broncoscopia virtual nesse paciente. O uso do EMOTIV® requer cuidados e pode envolver risco mínimo ao estudante. Tal fato, porém, poderá ser minimizado pela presença e acompanhamento direto dos alunos pelos responsáveis pelo estudo. Os dados gerados pelo EMOTIV® serão comparados apenas com a realização de atividades complexas, como a broncoscopia virtual.

Após essa etapa, os participantes responderão, individualmente, a dois questionários sobre inteligência: o coeficiente de inteligência (QI) e teste de atenção. Tais testes serão aplicados por profissionais selecionados e aptos a tal realização, minimizando ao máximo o risco de constrangimento, estresse ou comparação entre os participantes. Além disso, os dados serão utilizados apenas para a pesquisa, não serão divulgados individualmente ou utilizados para outros fins.

Embora seja muito importante para a nossa pesquisa a sua participação, você tem liberdade de escolher participar ou não, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo. Os dados colhidos serão utilizados apenas para a pesquisa proposta, não podendo servir para avaliação em qualquer disciplina do curso ou para qualquer outro fim. Não é necessária a identificação do aluno e seus resultados não serão divulgados individualmente, sendo do conhecimento apenas dos pesquisadores. Durante o projeto, você pode se dirigir aos pesquisadores mencionados a seguir para quaisquer esclarecimentos ou ao Comitê de Ética em Pesquisas da UFMG, Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627, Unidade Administrativa II (prédio da FUNDEP), 2º andar, sala 2005, telefone 3409-4595, em caso de dúvidas éticas.

**Pesquisadores responsáveis:**

Prof. Cássio da Cunha Ibiapina (cassioibiapina@terra.com.br)

Av. Prof. Alfredo Balena, 190 - Santa Efigênia, Belo Horizonte - MG, 30130-100

Telefone: (31) 3409-9300.

Prof<sup>a</sup>. Laís Meirelles Nicolliello Vieira (laisnicoliello@hotmail.com)

Rubrica do participante



Após ter lido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido referente ao projeto **“Análise do impacto de exemplos de modelo de aprendizagem na aquisição de habilidades complexas como a broncoscopia flexível em simuladores”** e ter tido oportunidades para esclarecer todas as minhas dúvidas, concordo em participar da pesquisa. Assino o presente termo de consentimento livre e esclarecido e recebo uma cópia deste documento.

Assinatura do participante:

Assinatura do pesquisador:

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## Apêndice B - Casos clínicos

A. Paciente do sexo feminino vem apresentando vários episódios de tosse com sangue. Ao exame físico a paciente encontra-se afebril e aparenta estar bem. Sua pressão arterial é 110x75 mmHg, FC=84 bpm, Tax:36,5C e FR=14 irpm. Não há alterações na ausculta cardíaca e respiratória. Não há linfonodos palpáveis. Sua radiografia de tórax é normal. Por favor, realize a broncoscopia flexível dessa paciente.

B. Paciente do sexo masculino, com história de tabagismo (30 anos/maço) com queixa de tosse e febre. Sua radiografia de tórax evidencia infiltrado intersticial localizado e a tomografia é sugestiva de uma massa endobrônquica. A cultura de seu escarro é negativa. Ao exame, o paciente está pálido e emagrecido, mas sem dificuldade respiratória. Sua pressão arterial é 125x90 mmHg, FC=96 bpm, Tax:36,5C, FR=20 irpm. Não há linfonodos palpáveis em região cervical. Durante a ausculta respiratória você ausculta crepitações na região anterior do tórax esquerdo, além da redução do som pulmonar nessa área. O exame cardiovascular é normal. Não há cianose, baqueteamento digital ou edema. Por favor, realize a broncoscopia flexível desse paciente para auxiliar no diagnóstico dessas imagens em radiografia.

C. Paciente do sexo masculino com história de estar apresentando episódios de expectoração com sangue. Procurou seu consultório há duas semanas e você optou por prescrever antibiótico para o quadro, sem melhora. Na consulta de hoje o paciente não apresenta dificuldade respiratória. Sua pressão arterial é 135x85 mmHg, FC= 82 bpm, Tax:36C, FR:16 irpm. Não há linfonodos palpáveis em região cervical. À ausculta você percebe sons pulmonares reduzidos bilateralmente. O exame cardiovascular é normal. Não há cianose, baqueteamento digital ou edema. Por favor, realize a broncoscopia flexível desse paciente.

## Apêndice C - Comando para o Teste de Fluência Verbal

### Leia para o participante:

Baseando-se nos conhecimentos prévios e no que aprendeu na atividade, você terá **1 minuto** para dizer o **maior número possível de palavras** que vêm à sua mente, quando você pensa em **broncoscopia**. Utilize **apenas palavras isoladas** e **evite repeti-las**.

Exemplo: Para **leucemia**: *anemia, neutropenia, choque, antibiótico, quimioterapia, sofrimento, transplante, cura.*

Alguma dúvida?

Reforçando: você terá **1 minuto** para falar o **maior número de palavras diferentes**, e seu tema é **broncoscopia**.

Pode começar.

**Apêndice D – Artigo de Revisão publicado no Jornal Brasileiro de Pneumologia**

**Bronchoscopy simulation training in the post-pandemic world**

Lais Meirelles Nicoliello Vieira  
Paulo Augusto Moreira Camargos  
Cássio da Cunha Ibiapina

J Bras Pneumol. 2022;48(3):e20210361  
doi: 10.36416/1806-3756/e2021036

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35508064/>