



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Gastrenterologia

### **Simulação em endoscopia digestiva: Uma revisão narrativa**

Ana Cláudia Gouveia Nunes

**Diretora da Unidade Curricular:**

Prof. Doutora Helena Cortez-Pinto

**Orientado por:**

Prof. Doutor Rui Tato Marinho

**Co-Orientado por:**

Doutor Carlos Freitas

---

**JUNHO'2021**

## ABSTRACT

Endoscopic simulators are educational tools that allow instruction in a nonpatient care environment. In Gastrointestinal (GI) endoscopy, simulators include ex vivo animal tissue models, live animal models, mechanical models, and virtual reality (VR) computer simulators. Among these, virtual simulators are a promising tool and are becoming the standard when beginning endoscopic training, by offering a human-like endoscopy experience [1]. Simulation training in GI endoscopy offers various benefits including learning in a low-stakes environment, improvement of patient safety and optimization of valuable endoscopy time [2]. This simulation training is becoming more relevant, particularly during the COVID-19 era, as there is a general decrease in endoscopic training with real patients [3].

The primary goals of this narrative review are to evaluate the currently available literature on GI endoscopy simulation systems, especially on VR simulation training, to analyze the clinical outcomes of simulation in endoscopy, to gather evidence on simulation-based versus patient-based training in terms of performance and skill acquisition and, finally, to determine if simulation training is effective as a replacement of the conventional teaching method.

We searched medical, educational, and computer literature databases for reviews of the simulation training in GI endoscopy and for randomized controlled trials that compared simulation training with no training or with conventional training.

**Keywords:** Gastrointestinal endoscopy, Gastrosocopy, Endoscopic simulators, Simulation training, Virtual Reality.

*O Trabalho Final é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não cabendo qualquer responsabilidade à FMUL pelos conteúdos nele apresentados.*

## RESUMO

Os simuladores de endoscopia são ferramentas educacionais que possibilitam o ensino num ambiente não clínico. Na endoscopia gastrointestinal (GI) os simuladores incluem modelos de tecido animal *ex vivo*, modelos animais *in vivo*, modelos mecânicos e modelos computadorizados de realidade virtual (VR). Dentro destes, os simuladores virtuais são uma ferramenta promissora e estão a tornar-se uma referência no início do treino em endoscopia, ao oferecerem uma experiência endoscópica semelhante à anatomia humana [1]. O treino de simulação em endoscopia GI confere uma variedade de benefícios que incluem a aprendizagem num ambiente de pouco risco, o reforço da segurança do paciente e a otimização do tempo útil em endoscopia [2]. O treino de simulação está a tornar-se cada vez mais relevante, particularmente durante esta época de COVID-19, por haver uma restrição do treino de endoscopia em pacientes reais [3].

Os objetivos primários desta revisão narrativa são rever a literatura atualmente disponível sobre as plataformas de simulação em endoscopia GI, especialmente no ramo da simulação VR, analisar os *outcomes* clínicos da simulação em endoscopia, reunir informação sobre o treino de simulação em comparação com o treino no paciente, em termos de performance e aquisição de capacidades técnicas e, finalmente, determinar se o treino de simulação é eficaz enquanto substituto do método de treino convencional.

Foi feita uma pesquisa em bases de dados informatizadas, médicas e educativas, em procura de revisões sobre o treino de simulação em endoscopia GI e ensaios clínicos randomizados que comparassem o treino de simulação com a ausência de treino ou com o treino convencional.

**Palavras-chave:** *Gastrointestinal endoscopy, Gastroscopy, Endoscopic simulators, Simulation training, Virtual Reality.*

*O Trabalho Final é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não cabendo qualquer responsabilidade à FMUL pelos conteúdos nele apresentados.*

## ÍNDICE

GLOSSÁRIO .....	5
INTRODUÇÃO .....	6
MATERIAIS E MÉTODOS .....	8
TREINO DE SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA DIGESTIVA .....	9
UTILIDADE DA SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA .....	9
CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA .....	9
TIPOS DE SIMULADORES .....	11
DISCUSSÃO .....	21
FUNDAMENTOS DO TREINO EM ENDOSCOPIA GI .....	21
DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA FES.....	22
AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS SIMULADORES ENDOSCÓPICOS .....	23
INTEGRAÇÃO DOS SIMULADORES NO TREINO .....	25
EFICÁCIA DO TREINO DE SIMULAÇÃO EM MEDICINA.....	26
EFICÁCIA DO TREINO EM SIMULADORES VR.....	27
Na performance .....	28
Na curva de aprendizagem.....	29
No conforto do paciente .....	30
Como método de avaliação.....	31
Comparativamente a outros métodos de ensino .....	31
IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE TREINO.....	32
IMPORTÂNCIA DO FEEDBACK/ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA.....	34
OBSTÁCULOS À IMPLEMENTAÇÃO DOS SIMULADORES VR.....	34
EXPERIÊNCIA DA FMUL – EDIFÍCIO REYNALDO DOS SANTOS .....	35
SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA DIGESTIVA: IMPACTO DO COVID-19.....	36
SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA DIGESTIVA: PERSPETIVAS FUTURAS.....	38
CONCLUSÃO .....	41
AGRADECIMENTOS.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS .....	44

## **GLOSSÁRIO**

**ASGE** – *American Society for Gastrointestinal Endoscopy*

**CPRE** – Colangiopancreatografia retrógrada endoscópica

**DES** – Disseção endoscópica da submucosa

**EDA** – Endoscopia digestiva alta

**EDB** – Endoscopia digestiva baixa

**EGD** – Esófago-gastroduodenoscopia

**FES** – *Fundamentals of Endoscopic Surgery*

**FLS** – *Fundamentals of Laparoscopic Surgery*

**FMUL** – Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa

**GAGES** – *Global Assessment of Gastrointestinal Endoscopic Skills*

**GI** – Gastrointestinal

**HSM** – Hospital de Santa Maria

**PIVI** – *Preservation and Incorporation of Valuable endoscopic Innovations*

**REM** – Resseção endoscópica da mucosa

**SAGES** – *Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgery*

**TBS** – Treino baseado em simuladores

**VR** – *Virtual Reality*

## INTRODUÇÃO

A endoscopia digestiva é uma ferramenta de diagnóstico e terapêutica muito útil, que tem vindo a ser utilizada com cada vez mais frequência [4]. Contudo, comporta um conjunto de técnicas que são altamente operador-dependente e o treino em pacientes pode estar associado a um risco acrescido de complicações, assim como erros de diagnóstico [5]. Posto isto, é essencial que o ensino seja pautado por exigência e rigor. Nesse sentido, ao longo dos anos foram desenvolvidos vários modelos de aprendizagem para facilitar o treino em endoscopia digestiva.

Tradicionalmente, aplicava-se o célebre método “mestre-aprendiz”, em que o formando aprendia num contexto clínico, executando o procedimento no paciente, sob a supervisão de um endoscopista experiente [6]. Atualmente, já dispomos de uma vasta gama de ferramentas que simulam o que se passa no interior do paciente e facilitam a aprendizagem. Estes simuladores incluem modelos animais *in vivo* e *ex vivo*, modelos mecânicos e simuladores de realidade virtual (VR). Estes têm em comum a vantagem de não colocar o paciente em risco e poupar-lhe ao desconforto associado ao tempo prolongado do procedimento [4]. Apesar de cada método ter as suas próprias vantagens e limitações, o intuito não é competirem entre si mas sim complementarem-se, podendo os vários métodos serem integrados no decurso da aprendizagem [2].

Os simuladores VR estão a tornar-se no modelo *standard* para estádios iniciais da aprendizagem endoscópica e têm vindo a ser o método mais testado. Estes conseguem reproduzir a realidade num ambiente controlado, através da introdução de um endoscópio num modelo informático que exhibe o lúmen gastrointestinal (GI) numa tela e fornece em tempo real uma resposta visual e tátil relativa ao procedimento [6].

A eficácia da aprendizagem através de simuladores pode ser analisada por métodos de avaliação intrínsecos ao próprio simulador ou através de *outcomes* clínicos [7].

Pensa-se que a integração de simuladores VR na estratégia de aprendizagem tenha um impacto positivo em termos de aumento da aptidão e aperfeiçoamento da técnica dos formandos. Vários estudos foram feitos com o intuito de avaliar o impacto

da utilização de simuladores VR na curva de aprendizagem, e a sua tradução em termos de conforto e segurança para o paciente [6].

Após uma pesquisa estruturada e uma revisão da literatura sobre o tema em questão, a presente dissertação revê os tipos de simuladores disponíveis, os *outcomes* clínicos da simulação computadorizada em endoscopia e sumariza a evidência atual no que toca à eficácia e validade dos simuladores VR em termos de aprendizagem de técnicas endoscópicas. Por fim, serão feitas algumas considerações sobre as perspectivas futuras da aplicação destes simuladores, sublinhando o impacto da mais recente pandemia, do progresso tecnológico e das atuais tendências demográficas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi conduzida uma revisão narrativa da literatura através de uma pesquisa no PubMed/MEDLINE, entre os anos 2000 e 2021, em inglês e português, com recurso às seguintes palavras-chave: “*Endoscopic/ Endoscopy*”, “*Gastrointestinal/GI*”, “*Gastroscore*”, “*Simulators/Simulation*”, “*Virtual reality/VR*”, “*Training*” e “*COVID-19*”.

Foram incluídos na revisão artigos com texto integralmente em inglês que fossem trabalhos de revisão originais, revisões de literatura e/ou meta-análises e ensaios clínicos randomizados com o propósito de avaliar o impacto dos simuladores no treino de endoscopia digestiva na performance e na curva de aprendizagem dos formandos, assim como a sua eficácia. Foram excluídos desta revisão artigos que não se encontravam escritos em inglês ou português.

Os artigos seleccionados foram avaliados de acordo com a sua importância e contributo para o objetivo, resultando numa amostra de 48 artigos para incluir na revisão. Informações relevantes sobre a população, desenho, instrumentos utilizados, resultados e conclusões foram resumidas e organizadas.

## TREINO DE SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA DIGESTIVA

### **UTILIDADE DA SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA**

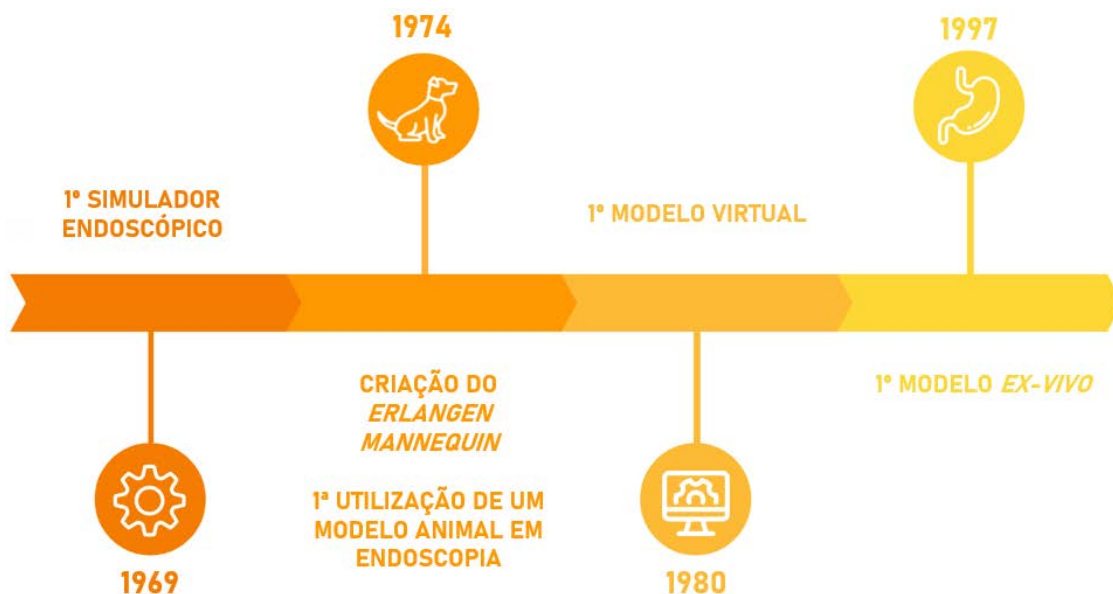
Nas últimas décadas, a endoscopia digestiva tornou-se no *gold-standard* para o diagnóstico e tratamento de várias patologias GI, incluindo neoplasias gastrointestinais, tanto em estadios precoces como avançados [5]. O domínio dos procedimentos endoscópicos é complexo e requer um treino prático, intensivo e prolongado [8]. Agora, mais do que nunca, a prioridade é garantir a segurança do paciente e, como tal, a educação endoscópica está a passar por uma mudança de paradigma [9]. Neste contexto, o treino baseado em simuladores (TBS) surge como uma oportunidade para a aquisição de capacidades técnicas e cognitivas, e coordenação visomotora, adaptada aos diferentes ritmos de aprendizagem de cada indivíduo e, acima de tudo, confere um menor risco e desconforto para o paciente [2], [8]. É uma modalidade que permite aos alunos envolverem-se no treino com maior confiança e tranquilidade, por não terem o receio de ferir o paciente [2].

### **CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA**

Antes de existirem simuladores endoscópicos, aplicava-se unicamente o método tradicional no ensino da endoscopia digestiva. Este modelo de aprendizagem consistia numa fase inicial mais observacional, em que o aprendiz observava e auxiliava o especialista durante o procedimento e, numa fase posterior, em que o aluno praticava a técnica diretamente no paciente, sob a supervisão de um endoscopista experiente, até ganhar autonomia para o executar de forma independente [2], [8]. A endoscopia digestiva geralmente não permite mais do que um operador em simultâneo, por isso o sucesso da técnica fica inteiramente dependente do formando, o qual executa o procedimento de forma autónoma, mesmo estando sob supervisão, sendo um fator promotor de *stress* e ansiedade para o aluno [8]. Por esta razão, este método de “tentativa e erro” tem, evidentemente, uma série de inconveniências, entre as quais maior desconforto e risco de lesão para o paciente, um tempo de intervenção mais prolongado e possíveis implicações financeiras [5], [10]. Além disso, se o formando estiver com dificuldade num determinado momento, o especialista assume o controlo

do procedimento, impedindo o formando de terminar e aprender aquela tarefa em específico [8]. De forma a ultrapassar os dilemas éticos decorrentes deste método, surgiu a necessidade de se criar um modelo de aprendizagem alternativo, que conferisse sobretudo maior segurança e conforto ao paciente. E é partindo deste objetivo que surgem os primeiros simuladores.

O primeiro simulador endoscópico foi desenvolvido em 1969, e consistia num simples modelo mecânico para o treino de sigmoidoscopia [8]. Em 1974, é construído o célebre *Erlangen mannequin*, um simulador mecânico para o trato GI superior e era inteiramente constituído por plástico [11]. Apesar deste não simular a realidade de forma rigorosa, serviu como inspiração para muitos dos modelos mecânicos hoje existentes [6]. Posteriormente, devido aos avanços tecnológicos (inteligência artificial, realidade aumentada, robótica), foram criadas diversas plataformas artificiais abrangentes a todo o trato GI, com um nível de realismo e complexidade cada vez superior. É só em 1980 que surge o primeiro modelo virtual [8]. A figura 1 esquematiza a cronologia da criação das primeiras plataformas. Os simuladores tornaram-se assim numa alternativa mais inteligente e segura em relação ao treino tradicional. Desde então, a Sociedade Americana de Endoscopia Digestiva (ASGE) tem incentivado a utilização destes simuladores na prática de endoscopia digestiva [8].



**Figura 1** – História da simulação em endoscopia digestiva.

## **TIPOS DE SIMULADORES**

Os simuladores em endoscopia digestiva incluem modelos mecânicos, modelos animais *in vivo* e *ex vivo* e modelos computadorizados.

Os **simuladores mecânicos** (fig. 2) são modelos físicos compostos por materiais não orgânicos como plástico, borracha, silicone ou outros materiais sintéticos, moldados numa forma tubular, com uma cavidade que permite a inserção do endoscópio. Deste modo, mimetizam o tubo digestivo e possibilitam a realização de técnicas endoscópicas. Esta peça tubular é depois colocada no interior de uma caixa de plástico, que simula a parede abdominal [9].

Ao longo dos anos, os simuladores mecânicos não têm tido avanços significativos. Os componentes dos modelos mais recentes pouco diferem dos primeiros modelos produzidos [8].

Estes simuladores aplicam-se sobretudo no ensino da instrumentação básica, como movimentos da extremidade do endoscópio, manipulação elementar e redução de ansas [6], e foram desenhados particularmente para o treino de colonoscopia e sigmoidoscopia. Este tipo de simuladores não é muito aplicado no treino de ecoendoscopia, apesar de já terem sido criados modelos com esse intuito, como o *EUS Panthom*. Este consiste numa caixa longitudinal com um orifício no centro que replica o lúmen do esófago, e determinadas estruturas dentro da caixa, compostas por silicone, resultam em imagens ecográficas que imitam estruturas anatómicas humanas, como nódulos linfáticos ou lesões quísticas [4].

Têm como vantagens um baixo custo, portabilidade e compatibilidade com qualquer endoscópio, o que contribui para a sua vasta utilização [9]. Além disso, o fabrico destas plataformas de simulação foca-se na seleção de materiais apropriados que conferem uma textura ao modelo capaz de fornecer um *feedback* tátil realista [8]. Por ser um modelo físico, pode ainda ser moldado de forma a mimetizar determinadas anomalias/variações anatómicas específicas [9], isto é, pode-se alterar a configuração inserindo, por exemplo, pólipos, estenoses, tumores ou úlceras e dessa forma manipular o nível de dificuldade [8].

Ainda assim, estes modelos pecam pela falta de complexidade e de realismo, uma vez que os materiais utilizados, apesar de criteriosamente selecionados, dificilmente replicam as propriedades teciduais do tubo GI [6]. Além disso, não são capazes de reproduzir condições clínicas reais como os movimentos respiratórios ou hemorragias [4]. Cada modelo oferece apenas uma gama limitada de procedimentos praticáveis, dado que cada cenário tem de ser fisicamente construído. E ainda, como qualquer outro simulador físico, não fornecem sugestões *online*, *guidelines* do procedimento, ou medições objetivas da performance no final do treino [8].

Poucos estudos abordam a validade conceptual dos modelos físicos, ao contrário dos simuladores VR, cuja validade conceptual de alguns está bem estabelecida [6].

Os escassos ensaios clínicos a comparar os modelos mecânicos com os restantes sugerem que estes modelos possam ser mais úteis nas fases primordiais do treino em endoscopia [9], daí a sua aplicação incidir mais sobre o ensino básico da instrumentação.



**Figura 2** – Modelo mecânico constituído por plástico para o treino de EDA e colonoscopia [6].

Os **modelos animais** são muito utilizados numa grande variedade de intervenções médicas. Podem ser modelos *in vivo* ou *ex vivo*. Os **modelos animais in vivo** baseiam-se na utilização de organismos vivos sob anestesia geral, sendo o suíno doméstico um dos mais utilizados em simulação (fig. 5) [8]. Os **modelos animais ex vivo** são formados por órgãos extraídos de animais, geralmente de origem bovina ou suína,

associados a um molde em plástico, que funciona como um suporte ou invólucro onde o órgão é colocado. [6]. Nestes modelos podem ser feitas modificações durante a preparação que simulem as condições patológicas encontradas em humanos (por exemplo, criação de pólipos, pequenas lesões, tumores, varizes, estenoses, etc.) [9], reproduzindo cenários clínicos específicos. O modelo *ex vivo* mais conhecido para o treino de endoscopia é o *Erlanger Endo-Trainer*, inicialmente denominado *Erlangen Active Simulator for Interventional Endoscopy (EASIE)*, e foi o primeiro a conseguir simular hemorragias de forma realista [4], [8]. A hemorragia é simulada com recurso a um dispositivo de perfusão elétrica e um sistema valvular de bloqueio, que podem ser controlados pelo instrutor (fig. 3) [8]. Este dispositivo foi melhorado para ficar mais leve e compacto sendo designado atualmente por *compactEASIE/EASIE-R* (fig. 4) [6].



**Figura 3** – Dispositivo de perfusão elétrica para simular uma “circulação sanguínea artificial” [12].



**Figura 4** – Modelo *compactEASIE* [12].

A primeira utilização de um modelo animal em endoscopia foi em 1974, em que se realizou uma CPRE num modelo canino vivo. O primeiro modelo *ex vivo* só surgiu em 1997, com recurso ao trato GI de suínos [8]. Desde então, durante vários anos, foram utilizados estômagos de porcos para o treino de gastroscopia diagnóstica [12].

Em endoscopia digestiva, estes modelos estão particularmente destinados a um treino mais avançado, nomeadamente para procedimentos terapêuticos e técnicas complexas como hemostase, ecoendoscopia com ou sem biópsia, CPRE, dissecação endoscópica submucosa (DES), ressecção endoscópica da mucosa (REM), polipectomia,

colocação de *stents*, drenagem de pseudocistos pancreáticos, sutura endoscópica, entre outras [10], [11]. Os modelos *ex vivo* têm uma preparação mais simples quando comparado com os modelos *in vivo* e, do ponto de vista ético, devem ser usados antes da progressão para o treino em modelos *in vivo* [10]. Atualmente, o treino em modelos *in vivo* está reservado para procedimentos extremamente complexos, como por exemplo a DES, e apenas quando não é possível praticá-lo em outras plataformas de simulação [8].

Os modelos animais são os simuladores endoscópicos que oferecem uma experiência mais realista, muito similar aos tecidos humanos, tanto a nível táctil como visual, apesar da espessura e orientação de alguns órgãos poder ser diferente [4], [5]. Além disso, as secreções, os movimentos respiratórios e as hemorragias associadas ao procedimento reproduzem as condições encontradas na endoscopia em humanos [6]. Apresentam ainda uma melhor relação custo-efetividade do que os simuladores VR [11]. A evidência disponível até à data sugere que o uso de modelos animais no treino de endoscopia digestiva melhora a curva de aprendizagem e o desempenho na execução de técnicas endoscópicas mais avançadas, e contribui para o aumento da autoconfiança dos formandos [10].

Vários fatores limitam o seu uso, nomeadamente os elevados custos, o longo tempo de preparação e os dilemas éticos associados. No caso dos modelos *in vivo* é necessário encarregar-se da sua alimentação e anestesia, e é imprescindível a obtenção de aprovação pelas entidades reguladoras e a presença de infraestruturas de apoio especializadas, com uma equipa veterinária presente para prestar a assistência necessária [8], [10]. Em relação aos modelos *ex vivo* surgem as questões logísticas relacionadas com a sua aquisição e armazenamento e a inviabilidade dos tecidos após uma única utilização, assim como o seu descarte. [9]. Além disso, com o armazenamento os tecidos podem perder alguma vitalidade, causando alterações ao nível da rigidez e elasticidade que dificultam a navegação endoscópica [6]. Há ainda diferenças anatómicas evidentes entre os humanos e as restantes espécies, muitas vezes tornando este modelos inadequados para determinados procedimentos [12]. E, tal como os simuladores mecânicos, este método não proporciona *guidelines online* nem medições quantitativas da performance [8].



**Figura 5** – Treino de endoscopia em modelo suíno [6].

Os **simuladores VR** são dispositivos computadorizados acoplados a um *trolley*, que utilizam um *software* avançado juntamente com controlos mecânicos para produzir uma experiência interativa simulada, da forma mais realista possível [9]. Estes simuladores incorporam uma interface visual e tátil, permitindo aos formandos o exercício das componentes técnicas e cognitivas respetivas a uma determinada intervenção, sob condições clínicas variáveis [6].

Em termos de *hardware*, no interior destes simuladores e na ponta do endoscópio existem sensores que reagem aos movimentos do utilizador e geram imagens simuladas num ecrã, em tempo real, baseadas na anatomia humana [4]. Dispõem de um teclado e/ou *touchpad*, uma unidade de processamento e uma caixa com um ou dois orifícios por onde se insere um endoscópio universal que pode ser visto no monitor como uma imitação de uma série de dispositivos endoscópicos usados em diversas intervenções, dependendo do contexto clínico escolhido [6], [8]. O movimento e a configuração do endoscópio físico são mapeados nesse cenário virtual, onde se podem ver imagens de uma perspetiva intraluminal. Há também a possibilidade de utilizar uma coleção de ferramentas suplementares como fórceps ou eléctodos para coagulação e ainda pedais, que conferem funcionalidades adicionais [8].

O *software* é composto por uma interface gráfica que exhibe, num dos ecrãs, o cenário simulado, e no outro, sugestões adicionais, orientações e instruções passo a passo sobre o procedimento a ser realizado, ou então um mapa 3D do endoscópio dentro do lúmen [6], [8]. Inclui também um repositório de casos clínicos com diferentes níveis de dificuldade [10]. Estes simuladores estão equipados com um mecanismo de *feedback* tátil que simula a resistência normalmente encontrada ao avanço do endoscópio pelo lúmen intestinal. O lúmen virtual expande e colapsa conforme a insuflação ou aspiração e o paciente virtual pode queixar-se de desconforto ou solicitar a interrupção do exame se, por exemplo, for aplicada demasiada pressão contra a parede abdominal ou se for insuflado ar em excesso [4], [6]. No final de cada procedimento é disponibilizada uma avaliação do desempenho [8].

Os primeiros simuladores computadorizados surgiram por volta dos anos 80, adaptados dos videojogos [8]. O *GI Mentor* é o primeiro simulador VR de que há registo a ser aplicado na prática clínica, e é baseado em tecnologia de simulação de voo [4]. Na aviação, à semelhança da medicina, o sucesso é muito dependente do operador e o erro humano é a maior causa de acidentes. Pode-se até fazer uma analogia entre bloco operatório e o *cockpit*, pois em ambos é necessária técnica, concentração, comunicação e liderança [13]. Ambas as áreas são altamente especializadas e apoiadas em tecnologia de topo. A simulação de voo esteve sempre na vanguarda, e ao longo dos últimos anos tem sido uma inspiração para impulsionar a simulação em medicina. No entanto, em aviação é mais fácil prever e reproduzir as complicações que podem surgir, pois quase todos os aviões do mesmo modelo respondem da mesma maneira, mas em medicina a variabilidade individual de cada doente e a imprevisibilidade da resposta do corpo humano acrescentam complexidade a esta tarefa [14].

Atualmente, as plataformas de simulação virtual comercialmente disponíveis são o *GI Mentor II* (fig. 6), o *CAE EndoVR* (previamente designado *AccuTouch Simulator* (fig. 7), o *EndoSim* (fig. 8) e o *Endo Vision STANDARD* (fig. 9). Há uma outra plataforma reconhecida, designada *Endo X*, mas cuja comercialização cessou em 2017 [8]. Existem também outros simuladores VR à venda para uso particular e não comercial [6]. Cada uma destas plataformas possui os componentes acima descritos, com apenas algumas diferenças nos módulos que integram. O *GI Mentor II* é o único que tem um módulo

adicional para o treino de ecoendoscopia e outro para o treino de DES e REM. Uma outra característica que o distingue dos restantes é a existência deste simulador numa versão mais pequena, leve e portátil, designada *GI Mentor™ Express* (fig. 10). Este consiste numa pequena caixa onde se pode inserir o endoscópio, podendo esta ser ligada a qualquer computador portátil, que serve como tela [8].



**Figura 6** – *Simbionix GI Mentor* [8].



**Figura 7** – *CAE EndoVR Simulator* [8].



**Figura 8** – *EndoSim* [8].



**Figura 9** – *EndoVision STANDARD* [50].

Estes simuladores permitem o treino de múltiplos procedimentos na mesma plataforma, tanto em endoscopia digestiva alta (EDA) como baixa (EBD) [8]. Todos os simuladores VR têm módulos que permitem o treino de colonoscopia e sigmoidoscopia com possibilidade de navegação até ao cego e realização de polipectomia. Também todos contam com módulos para EDA, que abrangem o tratamento de hemorragias. Algumas plataformas disponibilizam módulos adicionais para o treino de CPRE, ecoendoscopia, DES e REM. Permitem ainda o treino da coordenação visomotora e a aprendizagem dos controlos básicos num contexto não-anatómico, ao desconstruir o procedimento numa série de tarefas simples como navegação endoscópica básica, avaliação da mucosa, *targeting*, retroflexão e redução de ansa [6], [8].

Estes simuladores sobressaem-se pelo facto de apresentarem uma anatomia idêntica e os mesmos cenários clínicos para todos os formandos, contribuindo para a uniformização do treino. Têm a capacidade de gerar virtualmente uma série de complicações como hemorragias pós-polipectomia, perfurações e reações vaso-vagais. Se houver uma perfuração o procedimento cessa de imediato [6]. Apesar do avultado investimento inicial, são plataformas de uso prolongado, isto é, podem ser usadas repetidamente sem custos adicionais [4]. Uma outra grande vantagem destes modelos é o facto de fornecerem medições objetivas da qualidade do desempenho, como a taxa de conclusão do procedimento e outros *endpoints*, entre os quais a destreza no controlo de hemorragias, a percentagem de mucosa observada, o tempo total do procedimento, a capacidade de reconhecer achados patológicos, a quantidade de ar insuflado, o nível de desconforto ou dor do paciente, a necessidade ou não de usar a assistência virtual, a capacidade de realizar manobras terapêuticas, a quantidade de fármacos administrados, etc. Tudo isto é disponibilizado sob a forma de uma crítica final resumida que descreve os vários parâmetros específicos para uma determinada intervenção [6]. Os parâmetros a avaliar podem ser personalizados para que se faça uma avaliação de competências concordante com o procedimento em questão e para que o acompanhamento da curva de aprendizagem seja mais otimizado [8], [9]. A maioria dos procedimentos é acompanhada por conteúdo didático que contém instruções sobre a realização da técnica, indicações e contraindicações e complicações possíveis [6], [10]. Além disso, estes simuladores estão equipados com um sistema de *back-up* automático

que guarda o progresso de cada utilizador [4], sendo ainda possível, em algumas plataformas, gravar todo o procedimento em vídeo e rever as vezes que forem necessárias [2].

A maior desvantagem é serem, incontestavelmente, o tipo de simuladores mais caro que existe [4]. O custo base destes simuladores ronda os 100.000\$, sendo que os módulos adicionais elevam ainda mais o preço [6], [9]. E ainda devem ser consideradas as despesas acrescidas para a manutenção do sistema [8]. Uma forma de colmatar estes elevados custos é através da partilha destes dispositivos entre instituições dentro da mesma área geográfica, através do aluguer ao invés da compra, ou então a aquisição de uma plataforma menos dispendiosa, como o *GI Mentor Express* [8], [9]. Um estudo recente afirma que há uma forte correlação entre o *GI Mentor II* e o *GI Mentor Express* em termos de score no teste da FES (*Fundamentals of Endoscopic Surgery*). E a performance no teste da FES, por sua vez, correlaciona-se positivamente com a performance na sala operatória [15]. Outra desvantagem a salientar é o escasso realismo destes simuladores, sobretudo em termos de sensação táctil e renderização visual [4], [12]. Alguns investigadores sugerem que a realidade virtual pode simplificar em demasia as manobras a aprender [9].



**Figura 10** – *GI Mentor Express* (imagem obtida em <https://symbionix.com/simulators/gi-mentor/gi-mentor/>).

Os simuladores mecânicos e computadorizados estão em constante investigação. No que toca aos simuladores VR, a pesquisa conduzida neste campo foca-se essencialmente em encontrar um compromisso favorável entre o aperfeiçoamento do realismo e diminuição do custo destas plataformas [8].

De uma forma sumária, os simuladores VR e os simuladores mecânicos são habitualmente utilizados num treino mais precoce, enquanto que os modelos animais são destinados a um treino mais avançado.

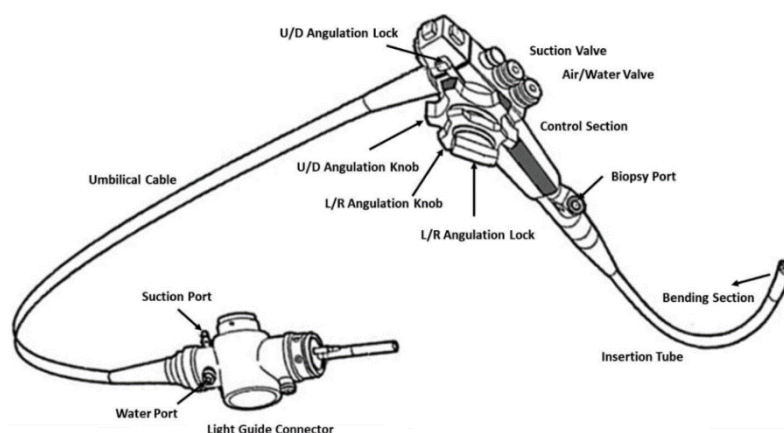
O treino em qualquer tipo de simuladores não substitui a necessidade de supervisão por um colega experiente aquando da aplicação da técnica diretamente em pacientes, pelo menos durante as primeiras vezes. Além disso, mesmo após a conclusão do treino e o atingimento das metas estipuladas, o endoscopista deve continuar a reforçar o seu conhecimento teórico de forma a manter a competência cognitiva e técnica necessária para as várias intervenções, sobretudo terapêuticas [12].

## DISCUSSÃO

### FUNDAMENTOS DO TREINO EM ENDOSCOPIA GI

Definir competência em endoscopia digestiva é uma tarefa em investigação e atualização contínua. A prestação de cuidados de saúde de alta qualidade pelos profissionais de saúde baseia-se em 3 domínios: capacidades técnicas ou psicomotoras, cognitivas e integrativas [16]. A avaliação dessas capacidades é complexa. As habilidades técnicas englobam, por exemplo, o manuseio do endoscópio, as estratégias de redução de ansiedade e a inspeção da mucosa, enquanto que as aptidões cognitivas incluem o conhecimento teórico e a gestão de complicações [8].

O uso de qualquer simulador implica o manuseio de um endoscópio, idêntico àquele utilizado na clínica. A posição do endoscópio pode ser alterada por quatro controlos diferentes, cada um em duas direções opostas: a roda vertical (para cima e para baixo), a roda horizontal (direita e esquerda), o movimento do corpo (direita e esquerda), e o avanço ou retrocesso do instrumento (fig. 11). Para se conseguir executar movimentos tridimensionais de forma coordenada e precisa, o cérebro tem que integrar os quatro controlos e oito direções diferentes, conjugando-os num único movimento. O objetivo é converter a intenção num movimento direcionado pela memória muscular, ou seja, que não requeira pensar sobre os controlos para concretizar a manobra. E só com treino repetitivo é que é possível conduzir o endoscópio de forma automática, sem ter de refletir sobre os diferentes comandos. Este é um dos parâmetros que mais diferencia os novatos dos especialistas [12].



**Figura 11** – Componentes do endoscópio [49].

Assim sendo, a melhor forma de alcançar a aptidão necessária para realizar o procedimento de forma independente, é através de um treino contínuo e rigoroso, enquadrado num programa de treino estruturado com monitorização do progresso e *feedback* de um especialista. A introdução de simuladores veio revolucionar o treino em endoscopia digestiva, causando um impacto na curva de aprendizagem dos formandos, mas a validade desse método ainda não está bem estabelecida [8].

### **DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA FES**

No final dos anos 90, foi desenvolvido um programa de treino designado *Fundamentals of Laparoscopic Surgery* (FLS) para integrar o ensino da laparoscopia básica na formação de cirurgiões e internos. Este programa inclui um teste de avaliação de competência que foi minuciosamente revisto por especialistas e cuja validade foi demonstrada. O teste estabeleceu uma clara distinção entre a performance dos formandos, que obtiveram scores mais baixos, e os seus colegas especialistas, cuja classificação foi mais elevada. O FLS teve e continua a ter imenso sucesso como método de treino e avaliação, com transferência da aprendizagem para a prática clínica [9].

Foi o sucesso da metodologia de treino da FLS que impulsionou a criação de um projeto semelhante pela *Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgery* (SAGES) e a *American Board of Surgery* (ABS) para ensinar e avaliar os jovens aprendizes numa área igualmente importante: a endoscopia digestiva. Tradicionalmente, para quantificar a competência, contabilizava-se o número de procedimentos realizados pelo aluno, e só quando essa meta numérica fosse atingida é que este era considerado competente [9]. Através de vários estudos ao longo dos anos, tentou-se estimar qual seria o número mínimo de procedimentos necessários para conferir o tão aclamado grau de especialista. Essa meta varia entre 100 a 300 procedimentos em colonoscopia e aproximadamente 200 em EDA [8], sendo que a ASGE recomenda um mínimo de 130 EDAs e 275 colonoscopias para que então se faça uma avaliação da competência [17]. No entanto, este valor numérico não é consensual, fazendo deste um método pouco adequado [9], e que não reflete com rigor a capacidade do indivíduo [18]. Surge então o programa da *Fundamentals of Endoscopic Surgery* (FES),

cuja finalidade é capacitar os alunos na endoscopia básica durante o internato médico e avaliá-los em termos de conhecimento teórico, julgamento clínico e capacidades técnicas. O teste da FES oferece material didático *online* interativo e avalia o aluno em duas componentes: um exame teórico com 80 questões de escolha múltipla para avaliar o conhecimento e um exame prático com 5 exercícios (navegação, redução de ansa, *targeting*, avaliação da mucosa e retroflexão) no simulador VR para avaliar as aptidões técnicas e psicomotoras [19].

Este teste demonstrou ir de encontro aos padrões de fiabilidade e validade para avaliar e qualificar os formandos como competentes e autónomos [20]. Idealmente, um simulador de endoscopia deve ser capaz de avaliar as metas e as técnicas delineadas pelo programa FES [9].

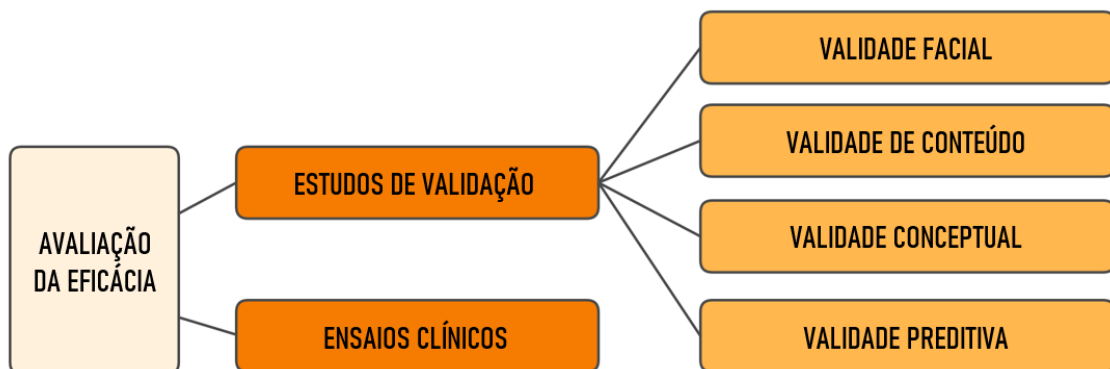
### ***AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS SIMULADORES ENDOSCÓPICOS***

Os procedimentos endoscópicos são bastante complexos e o domínio técnico é essencial para o sucesso da intervenção. Daí que é um passo fundamental perceber se a metodologia de ensino a implementar, neste caso os simuladores endoscópicos, são realmente eficazes.

A avaliação da eficácia da cada modelo baseia-se em 2 tipos de estudos: estudos de validação e ensaios clínicos [11]. Os estudos de validação determinam se um modelo consegue distinguir um estagiário de um especialista através da medição de vários parâmetros tais como o tempo total do procedimento, a extensão do cólon examinada e o reconhecimento da patologia. Este tipo de estudo é importante para uma avaliação inicial de cada modelo e é um dos aspetos mais importantes a considerar quando se quer integrar um novo simulador no mercado. Mais tarde, os ensaios clínicos com *outcomes* são necessários para determinar se a utilização do modelo diminui o número de vezes que é necessária a supervisão de um especialista até adquirir aptidão [4]. Ou seja, os ensaios clínicos permitem avaliar o impacto de um simulador na curva de aprendizagem e na performance em contexto clínico [11]. Um simulador com boa validade, mas que não leva ao aumento da performance após um treino repetitivo, não é adequado para ser implementado em programas de treino [18]. Numa terceira fase,

podem ser feitos estudos de custo-efetividade para determinar se a diminuição do tempo de treino e do tempo de procedimento pelo uso de determinado simulador compensa o seu custo [4].

Vários estudos de validação podem ser feitos no sentido de fornecer evidência acerca do desempenho destes simuladores em diferentes fases do treino. Numa primeira fase desta análise, recorrem-se aos estudos de validade facial, que são feitos nos estádios iniciais da criação do simulador. É pedido a um grupo de peritos que classifique o desempenho do simulador quanto à capacidade para ensinar e quanto ao grau com que este aparenta ensinar e avaliar aquilo que de facto pretende [8]. Num segundo passo, a validade de conteúdo é outra avaliação subjetiva em que os peritos na área aferem o realismo da simulação em relação ao modelo anatómico humano, através de uma análise detalhada de cada componente. Num terceiro momento, a validade conceptual consiste em avaliar o simulador quanto à capacidade de distinguir os diferentes níveis de experiência dos seus operadores. Por fim, o que permite obter maior nível de evidência é a validade preditiva ou de transferência, cujo objetivo é demonstrar em que medida a habilidade e o conhecimento adquirido no simulador é passado para a prática clínica [5], [8]. Esta informação esquematizada na figura 12.



**Figura 12** – Estudos de avaliação da eficácia de simuladores de endoscopia.

Para demonstrar que a aptidão adquirida no treino em simuladores era transferível para o contexto clínico, foi fundada a *Global Assessment of Gastrointestinal Endoscopic Skills* (GAGES). Esta serve como uma ferramenta de medição, com credibilidade e validade já demonstradas, desenvolvida por especialistas em endoscopia. Agrupa vários itens com uma escala de classificação de 1 a 5, em que 1 é o

nível de performance mais baixo e 5 o mais alto. O score total é a soma dos scores em cada um dos itens avaliados [9].

Uma série de simuladores VR de endoscopia têm validade facial demonstrada. Apesar de vários estudos já terem demonstrado que os simuladores VR têm validade de conteúdo e validade conceptual tanto para EDA como EDB, ou seja, que são convincentemente realistas e capazes de fazer a distinção entre operadores experientes e novatos, outros estudos alegam precisamente o contrário [9]. A validade conceptual foi provada maioritariamente em relação ao tempo total de procedimento, havendo heterogeneidade de resultados se considerarmos outros parâmetros [18]. Poucos estudos testaram a validade de transferência para o meio clínico [9].

Numa revisão sistemática de *Ansell et al.*, concluiu-se que as plataformas de simulação virtual designadas *Simbionix GI Mentor II*, *CAE EndoVR*, e *Olympus Endo Ts-1* tinham validade conceptual, considerando como *endpoints* o tempo total de procedimento, o tempo de intubação cecal e a dor do paciente [21]. Estes três modelos de simulação VR são considerados modelos realistas e com capacidade para discriminar a destreza e habilidade dos utilizadores em endoscopia digestiva, sendo o seu uso recomendado nas fases iniciais do treino [18].

### **INTEGRAÇÃO DOS SIMULADORES NO TREINO**

O uso do modelo de aprendizagem clássico é cada vez menos aceite e o uso de simuladores no início do treino está a ganhar cada vez mais reconhecimento [18].

Uma sondagem feita em 2015 constatou que 42% dos programas de treino em endoscopia disponibilizavam simuladores, embora apenas 15% desses programas é que exigiam o seu uso pelos formandos [6]. Apesar das suas características tecnológicas, estes dispositivos ainda não são amplamente utilizados [11]. No entanto, tem sido feito um esforço para que haja uma integração gradual destes simuladores em programas de treino [2].

Em 2012, a ASGE publicou uma iniciativa designada “*Preservation and Incorporation of Valuable endoscopic Innovations*” (PIVI) com o objetivo de delinear

quanto benefício os simuladores teriam de ter para que fosse justificada a sua integração no treino e na avaliação dos formandos. Para isso, o programa fornece dois parâmetros. Em primeiro lugar, sugere que a integração de um determinado simulador num programa de treino seja justificada apenas se o seu uso reduzir em pelo menos 25% o número de vezes que é necessário treinar em humanos para aprender um dado procedimento [6]. Nesse sentido, vários estudos foram conduzidos em diferentes simuladores com a finalidade de provar as vantagens do TBS comparativamente ao treino convencional. A segunda medição que a PIVI introduz como ferramenta de validação está relacionada com a capacidade dos simuladores avaliarem a aptidão dos operadores. A avaliação feita pelo simulador deve correlacionar-se com a competência em contexto clínico com um coeficiente *kappa* mínimo de 0.70 [6], [8].

### **EFICÁCIA DO TREINO DE SIMULAÇÃO EM MEDICINA**

Fora do âmbito da endoscopia GI, o treino em simuladores já demonstrou acelerar a curva de aprendizagem, assim como diminuir significativamente a taxa de complicações e melhorar a segurança e o conforto do paciente. Os resultados indicam que o TBS acelera a curva de aprendizagem do formando e melhora a performance [22].

Vários estudos e revisões sistemáticas em outras áreas da medicina mostram que os aprendizes que utilizam o TBS têm alguma vantagem relativamente aos seus homólogos que não recorrem a este tipo de treino, no que diz respeito a determinados *endpoints* como a taxa de conclusão do procedimento [6]. Contudo, são necessários mais estudos para determinar se a competência adquirida no TBS consegue verdadeiramente prever a competência em contexto clínico [6].

Uma revisão sistemática de *Dawe et al.* que incluiu uma série de estudos relacionados com procedimentos laparoscópicos, endoscópicos, vasculares, entre outros, verificou que os participantes submetidos ao TBS tiveram uma performance clínica melhor ou idêntica àqueles que foram submetidos ao treino convencional [23]. Os resultados sugerem que as aptidões adquiridas no TBS, quando integrado num plano de treino estruturado, são transferíveis com sucesso para a prática clínica [22], [23].

No campo da Anestesiologia, por exemplo, os simuladores são usados no treino

e avaliação de procedimentos tais como abordagem da via aérea (fig. 13), e anestesia regional, cardíaca e obstétrica. Cada vez mais estudos comprovam a eficácia do treino em simuladores para este propósito. Na última década, vários estudos comprovaram a eficácia do TBS na aquisição de aptidões técnicas e não técnicas em Anestesiologia. Também a fiabilidade e validade dos simuladores enquanto método de avaliação já está bem definida, apesar dos estudos nesta área serem mais escassos. O benefício da integração dos simuladores em programas de treino também já foi comprovado, mas ainda se desconhece a fórmula para otimizar ao máximo a eficácia dos mesmos. Para manter a sua certificação, os anestesiológicos podem integrar um programa de treino em simuladores para terem o seu desempenho reavaliado. É necessária mais investigação no sentido de demonstrar a transferência desta aprendizagem para o meio clínico. Ainda há pouca evidência de que o treino de simulação melhora os *outcomes* do paciente, e mais estudos devem ser feitos nesta área [24].



**Figura 13** – Treino de abordagem da via aérea em simulador (imagem obtida em <https://www.apsf.org/wp-content/uploads/newsletters/2019/3303/simulation-featured.jpg>).

### **EFICÁCIA DO TREINO EM SIMULADORES VR**

Até à data, a literatura e evidência científica disponíveis dedicadas à avaliação da competência e validade do treino de simulação em endoscopia carece em número e poder estatístico, mas a tendência tem sido para um aumento da investigação nesta área, pois a era digital tem vindo a facilitar a recolha de dados [9]. Há, portanto, mais

estudos focados em simuladores VR do que nos restantes, e dentro destes o procedimento mais estudado é a colonoscopia [21].

- **Na performance**

Vários estudos já demonstraram um incremento significativo da performance com o treino em simuladores VR. Isto engloba tempos de procedimento mais breves, taxas mais elevadas de intubação cecal, melhores *scores* na avaliação da competência, e diminuição da dor e desconforto do paciente. Esta melhoria verifica-se tanto em simuladores VR de EDA como EDB [9].

Foi feito um ensaio clínico aleatorizado prospetivo por *Shirai et al.* para analisar o treino de esófago-gastroduodenoscopia (EGD) em simuladores VR. Numa amostra de 20 participantes, todos aprendizes, metade recebeu 5 horas de treino de simulação no *GI Mentor II*, e mais 15 horas adicionais de treino em pacientes reais, enquanto que a outra metade recebeu apenas as 15 horas de treino tradicional em pacientes. Verificou-se que o grupo que treinou em simuladores teve *scores* mais elevados no âmbito da manipulação endoscópica [25]. Contudo, não é especificado se este progresso se deveu às mais 5 horas de treino adicional que o primeiro grupo recebeu, ou se se deveu especificamente ao facto do treino ter sido feito num simulador VR. Incluir um terceiro grupo com 15+5 horas de treino tradicional poderia ter respondido a esta questão [9].

Outro estudo recente utilizou uma amostra de 126 novatos e avaliou-os antes e depois do treino, que consistia em 8 horas de prática no *GI Mentor II*. Verificou-se uma melhoria significativa da performance e das capacidades psicomotoras em parâmetros como tempo total de procedimento, tempo de intubação cecal, percentagem da mucosa avaliada, etc [16].

Num outro ensaio clínico, com uma amostra de 36 novatos, um grupo cumpriu 16 horas de treino de colonoscopia no *Olympus Endo Ts-1* e o outro cumpriu o mesmo tempo em treino convencional. Todos realizaram 3 procedimentos em simuladores antes e depois do treino, que foram avaliados por especialistas. A performance global foi significativamente superior no grupo do TBS VR, como tempos de procedimento mais curtos, *scores* de dor mais baixos, maior agilidade na redução de ansa, etc [26].

Numa meta-análise de Singh et al., em que foram incluídos 22 estudos, chegou-se à conclusão que o treino de simulação nas várias modalidades existentes está, de uma forma geral, associado a uma significativa melhoria da performance quando comparado com a ausência de treino, apesar de, em 3 dos estudos analisados, terem sido reportados outcomes negativos associados ao TBS, como uma maior taxa de desconforto do paciente ou um tempo total de procedimento mais prolongado [27].

- **Na curva de aprendizagem**

Há evidência sugestiva de que os simuladores VR têm uma participação significativa no ensino da instrumentação endoscópica básica e que o TBS VR pode acelerar a aprendizagem de certas técnicas nas fases iniciais do treino, mas que essa vantagem se vai atenuando e desaparece nas fases mais tardias [5], [6], [9]. Uma revisão sistemática de 27 estudos destacou que o uso de simuladores VR validados acelera a curva de aprendizagem nas fases primordiais do treino, servindo como complemento ao treino convencional [18]. Anteriormente, *Walsh et al.* já tinham chegado à mesma conclusão, acrescentando que o TBS VR reduzia o tempo total de procedimento, aumentava a exatidão diagnóstica e a performance global de aprendizes com pouca ou nenhuma experiência, tanto em EDA como EDB, no entanto a maioria dos estudos analisados apresentavam vieses [28].

Vários estudos referem que apenas algumas horas de treino em simuladores virtuais podem conferir uma aprendizagem superior ao correspondente a um certo número de colonoscopias em contexto clínico, e dessa forma, reduzir o número de procedimentos necessários para atingir o grau de especialista [8], [9]. Por exemplo, *Sedlack e Kolars* verificaram que apenas 6 horas de treino de simulação VR levavam a uma melhoria da performance em todos os parâmetros avaliados (à exceção do tempo de intubação cecal), o correspondente a 15-30 colonoscopias no formato de treino tradicional, sendo que a partir das 30 colonoscopias essas vantagens são negligenciáveis [29]. Isto suporta a hipótese de que o treino simuladores VR tem um maior impacto nas fases precoces do treino, mas que posteriormente esse efeito diminui [5]. Da mesma forma, *Cohen et al.* fizeram um estudo aleatorizado em que um dos grupos recebeu 10 horas de treino não supervisionado em colonoscopia no *GI Mentor* e o outro grupo não

recebeu qualquer treino. O grupo que treinou no simulador teve uma performance significativamente superior apenas durante as primeiras 80 colonoscopias realizadas [30]. Contudo, aqui também não é especificado se essa vantagem se deve ao facto de terem recebido treino num simulador ou apenas terem tido mais horas de treino, independentemente de ser em simulador ou não.

Há ainda uma revisão sistemática de *Sturm et al.* que demonstrou que o treino de colonoscopia em simuladores VR conferia aos participantes uma vantagem em relação aos colegas que não tinham qualquer tipo de treino, aquando da realização de colonoscopias em pacientes. E isto verificou-se particularmente nas fases iniciais, sendo que a diferença ia dissipando ao longo do treino. Também concluiu que a aptidão adquirida no TBS VR era transferível para o ambiente clínico [31].

Um ensaio clínico randomizado sobre o treino de EDA em simuladores VR constatou que o TBS contribui para uma melhor técnica a curto e médio-prazo, e uma redução da curva de aprendizagem, quando comparado ao treino convencional, mas esses benefícios em termos clínicos são limitados, e passam a ser negligenciáveis a partir de, em média, 60 procedimentos em pacientes [32]. Também *Singh et al.* concluiu com o seu estudo que qualquer vantagem concedida pelo TBS parece desaparecer após a realização de cerca de 50 procedimentos [27]. Portanto, os benefícios iniciais conferidos pelo TBS eventualmente atingem um plateau, e aqueles que não recorreram ao treino de simulação acabam por ter *outcomes* semelhantes após repetirem algumas vezes o procedimento em pacientes.

Ainda permanece por esclarecer se uso de simuladores VR leva ou não a um encurtamento da curva de aprendizagem em pelo menos 25%, como estipulado no primeiro parâmetro definido pela PIVI [33].

- **No conforto do paciente**

Há evidência de que o uso destes simuladores melhora o conforto do paciente. Como já foi acima descrito, estes simuladores incorporam um sistema de alerta por voz que mimetiza a dor e desconforto do paciente virtual.

Um ensaio clínico aleatorizado de *Sedlack et al.* demonstrou que o treino em simuladores VR tem um benefício direto em termos de conforto do paciente. Os internos que receberam treino de simulação VR obtiveram *scores* de dor significativamente mais baixos que os que apenas treinaram em pacientes [34]. Numa meta-análise, em 10 estudos que analisavam os *outcomes* nos pacientes, todos demonstraram que o treino de simulação estava associado a uma melhoria modesta destes parâmetros [27].

- **Como método de avaliação**

Tendo em conta o segundo parâmetro estabelecido pela PIVI, é exigida uma forte correlação entre os *scores* obtidos no simulador e a performance em contexto clínico para que o simulador seja considerado válido e possa ser usado nos momentos de avaliação mais críticos [6]. Uma revisão sistemática que incorporou 4 estudos sobre a avaliação da competência concluiu que os simuladores atuais estão desprovidos de capacidade para discriminar diferentes níveis de competência na endoscopia em contexto clínico [18]. De facto, em alguns estudos estes simuladores conseguiram distinguir grosseiramente os especialistas dos novatos [26], [35], mas fracassaram em distinguir níveis de competência de forma mais específica e minuciosa [6]. A evidência neste assunto ainda é divergente, e a utilidade e relevância das medições de performance feitas por simuladores VR é muito questionável [9]. Por esse motivo, alguns autores consideraram que o uso de simuladores como forma de avaliação não é sensível, e que neste aspeto o *feedback* de um especialista seria mais fidedigno [18].

- **Comparativamente a outros métodos de ensino**

Uma revisão sistemática da Cochrane analisou uma série de ensaios clínicos randomizados de forma a comparar o treino em simuladores VR com a ausência de treino, com o treino convencional e com outros tipos de simuladores. Chegou-se à conclusão que o TBS VR parece conferir alguma vantagem aos seus praticantes, quando comparado com a ausência de qualquer tipo de treino, com base em parâmetros como a taxa de conclusão do procedimento, classificação geral da performance, tempo total do procedimento, desconforto do paciente, entre outros [36]. Posto isto, a competência adquirida no treino em simuladores VR é transferível para a prática clínica, sugerindo que este tipo de treino possa ser um complemento eficaz ao treino tradicional [2], [36].

Quando comparado com o treino convencional (fig. 14), a evidência é questionável e insuficiente, por isso não se pode afirmar com confiança que esta modalidade possa ser ou não um eficaz substituto do treino em pacientes, nas fases iniciais [2], [28]. Contudo, TBS VR em combinação com o treino convencional parece conceder um benefício adicional em relação ao TBS VR isoladamente [36].

Um estudo comparou o TBS VR com um modelo físico e não registou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos [37]. As vantagens que o treino VR confere parecem ser semelhantes às restantes modalidades de simulação. O TBS VR em combinação com o treino em qualquer outro tipo de simuladores não parece ser mais benéfico que o TBS VR de forma isolada [36].



**Figura 14** – Treino de EDA no paciente (imagem obtida em <https://www.apsf.org/wp-content/uploads/newsletters/2019/3303/simulation-featured.jpg>).

### ***IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE TREINO***

Vários autores defendem a implementação do TBS VR na fase inicial dos programas de treino, antes da realização de procedimentos em pacientes, servindo como um complemento ao treino convencional [36]. No que toca aos procedimentos mais básicos, como EGD, sigmoidoscopia e colonoscopia, o TBS já demonstrou ter validade e é legítimo começar um treino pré-clínico com um simulador validado [18], [22]. Mas a eficácia de um simulador só é aproveitada se este estiver integrado num

programa de treino bem estruturado, que englobe capacidades cognitivas, técnicas e integrativas, de forma equipar os alunos com as ferramentas necessárias para terem um bom desempenho clínico [2].

No entanto, ainda não foi desenvolvido um programa de treino otimizado para cada procedimento, e mais estudos devem ser feitos no sentido de definir a duração e a intensidade do treino necessária para otimizar ao máximo a curva de aprendizagem [7], [9]. Num estudo recente de *Azzam et al.* foi desenvolvido um programa de treino para EDA cuja eficácia para ensinar e a validade como método de avaliação foram determinadas com sucesso, usando parâmetros que incluíam as capacidades cognitivas, técnicas e *soft skills* [22].

Também, partindo da premissa de que há a necessidade de criar um programa estruturado e uniforme, *Siau et al.*, através de um estudo prospetivo caso-controlo, testou o SPRINT (*Structured PRogramme of INduction and Training*), um programa de treino de 2 dias que engloba a teoria e a prática em EDA. O impacto deste programa em principiantes a longo-prazo foi avaliado e verificou-se um aumento da confiança dos alunos, uma maior frequência de procedimentos realizados e, conseqüentemente, a obtenção de certificação de forma mais rápida [38].

Segundo um ensaio clínico randomizado conduzido por *Grover et al.*, um programa de treino estruturado é mais vantajoso que um plano de aprendizagem autorregulado, por levar a uma maior aquisição de aptidões técnicas e não-técnicas [39]. Enquanto que no último o aluno pode definir os seus objetivos e o seu próprio ritmo de aprendizagem, no primeiro os objetivos e o ritmo já estão programados e há um tutor a ajudar na concretização dessas metas [2]. Um outro ensaio clínico randomizado *Grover et al.* demonstrou que um programa progressivo, ou seja, um programa em que se vai aumentando progressivamente o nível de dificuldade à medida que as habilidades do aluno vão melhorando, culmina numa melhoria da performance global, quando comparado com um treino estruturado [40]. Está inclusivamente demonstrado que os novatos que integram um programa de treino têm um maior desempenho e taxa de aprovação no teste da FES [41], [42].

## **IMPORTÂNCIA DO FEEDBACK/ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA**

O papel do *mentoring* e do *feedback* em simulação ainda não está bem estabelecido. Contudo, acredita-se que a supervisão e *feedback* de um especialista durante o treino de simulação do aluno possa conferir alguma vantagem em termos de aprendizagem de técnicas básicas [6], sendo um componente essencial neste processo [2]. Num estudo clínico aleatorizado, uma amostra de 22 aprendizes foi dividida em 2 grupos, sendo que um deles recebeu *feedback* construtivo e bem estruturado por um colonoscopista experiente durante o treino de simulação e o outro grupo não. Ambos os grupos realizaram 15 colonoscopias virtuais e o grupo que recebeu *feedback* extrínseco teve uma melhor performance na maioria dos *outcomes* avaliados [43]. Um estudo de *Mahmood et al.* chegou mesmo à conclusão de que, sem *feedback*, o TBS não melhora a curva de aprendizagem [2].

## **OBSTÁCULOS À IMPLEMENTAÇÃO DOS SIMULADORES VR**

Um dos fatores chave em avaliar o sucesso dos simuladores é efetivamente a sua implementação no treino e no currículo educativo. Especialmente agora, com a nova realidade decorrente da pandemia COVID-19, o treino em fases precoces e o aprimoramento das técnicas básicas no currículo de um endoscopista é particularmente pertinente. No entanto, muitos aspetos interferem com uma implementação em larga escala. O primeiro é a discussão sobre validade clínica e utilidade a longo-prazo do TBS. Aquilo que se vê e pratica no simulador não é igual à realidade em contexto clínico, porque elementos importantes da interação estão em falta [8]. As *soft skills* como comunicação entre colegas, liderança e gestão de equipa, que são de extrema relevância na gestão de complicações emergentes, ainda não podem ser praticadas e testadas em simuladores. Um outro aspeto que atrasa a implementação destas plataformas VR é o equilíbrio entre o seu custo-benefício, sendo necessários mais estudos que avaliem este parâmetro [2]. Para além do mais, os benefícios do treino convencional já estão solidamente comprovados, mas os benefícios obtidos no TBS não são diretos e, por isso, difíceis de quantificar, resultando num obstáculo à sua implementação. Além disso, os simuladores VR pecam pela falta de realismo, criando uma lacuna entre a simulação e a realidade. Ainda existem algumas falhas, como por exemplo quebras na renderização

dos tecidos em tempo real, mas o progresso na computação, nomeadamente nas unidades de processamento gráfico, assim como o aumento da acessibilidade dos preços dos componentes tecnológicos, está a facilitar a resolução destas imprecisões no realismo. Várias sociedades médicas estão atualmente empenhadas em uniformizar o treino e a avaliação, assim como criar *guidelines* para um treino correto e aperfeiçoado [8]. A criação de um programa de treino pré-clínico estruturado e validado é um passo crucial para a implementação destes simuladores em larga escala [18].

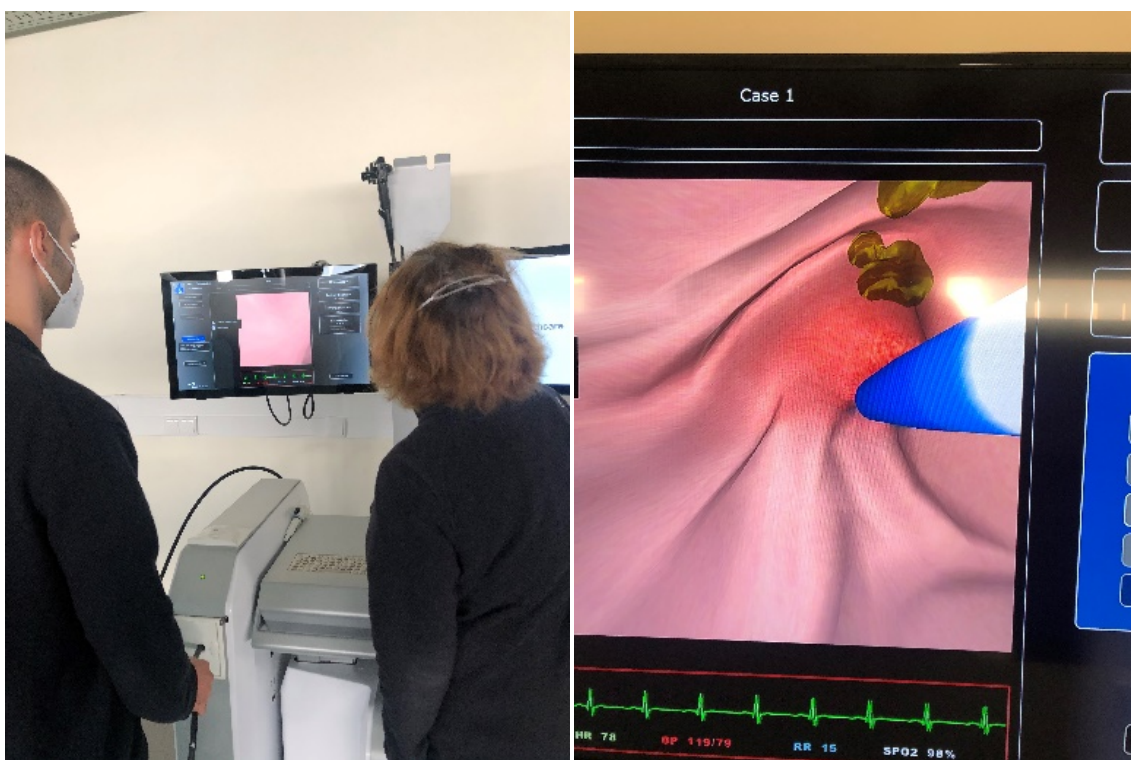
### **EXPERIÊNCIA DA FMUL – EDIFÍCIO REYNALDO DOS SANTOS**

A 16 de dezembro de 2019 foi inaugurado o novo edifício da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa (FMUL), o Edifício Reynaldo Dos Santos (fig. 15), um dos maiores e melhores centros de simulação avançada da Europa [44]. O Centro de Simulação Avançada Multidisciplinar do Edifício Reynaldo dos Santos permite o treino de uma vasta gama de procedimentos clínicos, em diversas áreas da medicina.



**Figura 15** – Edifício Reynaldo dos Santos (Imagem disponibilizada pela FMUL).

O Hospital de Santa Maria (HSM), hospital universitário afiliado à FMUL, é um centro de referência na realização de procedimentos endoscópicos GI, nomeadamente EDA, CPRE e colonoscopia. É responsável pela realização anual de cerca de 10 000 destes procedimentos. Por esta razão, é imperativo capacitar os alunos na realização deste tipo de técnicas, através de um ensino com qualidade e segurança. Para este efeito, o novo centro de simulação conta com o modelo *CAE EndoVR* (figs. 16 e 17), já disponível para o treino de endoscopia. Contudo, este modelo ainda não integra obrigatoriamente o currículo de formação dos internos de especialidade do HSM.



**Figuras 16 e 17** – Treino de simulação no *CAE EndoVR*, Centro de Simulação Avançada Multidisciplinar do Edifício Reynaldo dos Santos (Imagens disponibilizadas pela FMUL).

### ***SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA DIGESTIVA: IMPACTO DO COVID-19***

Apesar da literatura dirigida ao estudo do impacto da atual pandemia no treino em endoscopia ser escassa, foram reportadas várias sondagens internacionais a abordar este assunto, e foram disponibilizadas várias *guidelines*, nem todas elas consensuais. De uma forma geral, a pandemia COVID-19 veio dificultar o treino de endoscopia GI, pois a facilidade de transmissão do vírus a curtas distâncias aumenta o risco de infeção, tanto

para o paciente como para o operador e para os restantes profissionais de saúde na sala do procedimento [45]. A presente situação culminou numa redução do número de endoscopias realizadas chegando mesmo a haver suspensão de toda a atividade endoscópica não urgente em vários países [46], [47]. Essa escassez de procedimentos, juntamente com as restrições aplicadas no treino em condições *in vivo*, teve um efeito disruptivo no treino da endoscopia digestiva. Algumas das *guidelines* emitidas pelas várias sociedades internacionais dirigentes estabeleciam limitações explícitas ao treino de endoscopia GI [47].

Posto isto, durante esta fase, os esforços foram concentrados num ensino mais cognitivo/teórico e menos prático, através da disponibilização de material didático *online* que incluiu vídeos de procedimentos realizados por especialistas. Uma modalidade também utilizada foi a tele-endoscopia, que consiste na observação de procedimentos a serem transmitidos em tempo real, em que os alunos podem envolver-se de uma forma mais dinâmica e interativa na interpretação dos achados e na discussão e tomada de decisões. O cenário atual parece estar a ser um catalisador da mudança para uma era mais digital, pois veio potenciar a integração de simuladores na prática e o investimento na criação de programas de treino otimizados [47].

A pandemia que vivemos gerou uma grande lacuna no ensino de endoscopia GI à atual geração de internos. É esperado que os alunos demonstrem aptidões numa variedade de procedimentos para serem aprovados, e há uma preocupação se, de facto, essa aptidão consegue ser adquirida no tempo restante de internato desses alunos. Estas preocupações com comprometimento do treino geraram um aumento dos níveis de ansiedade e *burnout* dos formandos, como foi reportado através de inquéritos feitos aos mesmos [47], [48].

À medida que os casos foram decrescendo, as restrições foram sendo gradualmente levantadas, contudo a chegada da segunda vaga da pandemia veio atrasar novamente a reimplantação do normal funcionamento dos serviços de endoscopia e, conseqüentemente, do treino [47].

Apesar dos esforços aplicados no desenvolvimento de uma vacina, é evidente que vamos ter que continuar a viver com o COVID-19 pelo menos durante um futuro

próximo, e que muitas destas restrições estão previstas permanecer nos próximos anos, mas a procura de soluções mais criativas continua [8].

### ***SIMULAÇÃO EM ENDOSCOPIA DIGESTIVA: PERSPETIVAS FUTURAS***

Para além da extensa descrição dos modelos de simulação, da sua classificação e da atual investigação na área da ciência educativa, é imperativo perceber o rumo da educação médica numa época não só de grandes avanços tecnológicos, mas também de uma tendência demográfica crescente e um aumento da esperança média de vida.

O bem-estar do paciente e os dilemas éticos da prática em doentes são preocupações cada vez mais presentes, assim como a responsabilização legal do ato médico e do erro que dele pode advir, e isso tornou-se num grande motor de mudança da estratégia de ensino [8].

Além disso, a tecnologia está a avançar a um ritmo alucinante e poderá diminuir ou até mesmo eliminar a necessidade de usar modelos animais para fins educativos. A próxima geração de simuladores deverá focar-se apenas em cenários puramente virtuais, evitando o uso de modelos animais por motivos éticos, e ao mesmo tempo garantir uma avaliação quantitativa e uma monitorização contínua da performance. A evolução da visão computacional, inteligência artificial, realidade virtual/aumentada, modelação biomecânica, entre outros, vêm responder às necessidades e originar possibilidades que eram inexistentes no início do milénio. Assume-se que caminhamos no sentido de adotar modelos híbridos, ou seja, modelos capazes de misturar ambientes cada vez mais realistas com as novas ferramentas digitais. É também expectável que, futuramente, haja uma maior acessibilidade nos preços desta tecnologia [8]. O endoscópio atual e os seus manípulos não são ergonomicamente perfeitos, havendo uma grande prevalência de lesões musculoesqueléticas nos endoscopistas [2]. A evolução tecnológica está a permitir a criação de endoscópios mais leves e com comandos mais intuitivos, controlados por joystick, como o *Invendoscope colonoscope system* (fig. 18) [49].



**Figura 18** – *Invendoscope colonoscopy system* [49].

O crescimento exponencial da população, uma implementação de rastreios de cancro colorretal geograficamente mais ampla, o aumento da esperança média de vida e consequentemente uma prevalência cada vez maior de doenças neoplásicas aumenta a procura por procedimentos médicos altamente especializados, como a endoscopia digestiva, daí a necessidade de treinar um número crescente de endoscopistas. Isto motiva o desenvolvimento de protocolos e programas de treino que otimizem ao máximo a curva de aprendizagem [5], [8].

Estratégias de medição simples e elementares, como o número de procedimentos necessários para ser-se considerado competente, não estão bem estabelecidas e não são consensuais nem suficientes para avaliar a competência. Suposições, generalizações e estimativas utilizadas no passado ainda permanecem em prática, por isso é essencial encontrar medidas quantitativas consensuais e adequadas [33].

A investigação futura deve focar-se em estudos de comparação de eficácia com padrões de qualidade rigorosos, como randomização adequada e sigilo na alocação, e que avaliem o impacto dos diferentes programas de simulação ou comparem o treino VR com outros métodos menos dispendiosos. Também deve ser estudado o tempo de

treino necessário para otimizar ao máximo a curva de aprendizagem e a transferência dessa aprendizagem para a clínica, para que se possam desenhar programas de treino completos e detalhados [33].

A pandemia que vivemos atualmente veio pôr a descoberto as falhas dos sistemas de saúde, nomeadamente na capacidade de lidar com grande número de pacientes e de providenciar um treino constante e ininterrupto à próxima geração de endoscopistas de uma forma não presencial. É expectável que no futuro surja uma grande afluência de doentes com complicações gastroenterológicas devido ao desvio dos recursos em saúde para acomodar os pacientes com COVID-19 [8].

Procura-se ainda que, num futuro próximo, seja possível o treino de aptidões mais emocionais e menos técnicas, as chamadas *soft skills*, como a capacidade do operador responder prontamente a complicações emergentes e gerir os recursos humanos à sua volta [8].

É possível que futuramente, tal como já acontece na aeronáutica, sejam usadas interfaces neuronais capazes de monitorizar o *stress*, cansaço e a performance dos operadores e receber um *biofeedback* que englobe os aspetos emocionais associados aos procedimentos médicos [8].

Num futuro ainda mais distante, é também possível que a robótica e a inteligência artificial venham a ter um papel *major* nos procedimentos endoscópicos, automatizando semi ou totalmente esses procedimentos por métodos roboticamente assistidos. Esta alternativa poderá levar a que os simuladores de treino deixem de ser necessários [8].

## CONCLUSÃO

A endoscopia digestiva é uma ferramenta de diagnóstico e terapêutica cada vez mais requisitada e os *outcomes* de um procedimento são altamente dependentes da técnica e da experiência do operador.

O TBS é uma ferramenta valiosa para a prática de procedimentos num ambiente seguro, com benefícios provados em várias etapas do processo de aprendizagem, mas sobretudo nas fases iniciais do treino.

Existem vários modelos de simulação: os modelos mecânicos, modelos animais e modelos computadorizados ou VR. Cada um deles tem os seus benefícios e limitações, não havendo plataforma de simulação *gold-standard*. Todos estes modelos já demonstraram melhorar a técnica dos aprendizes. Os modelos VR são os mais estudados e a sua eficácia em capacitar os formandos em *skills* endoscópicas básicas está comprovada, mas o excessivo preço de base são o maior inconveniente.

Uma grande parte no treino em endoscopia GI ainda é baseada no paciente. As curvas de aprendizagem são uma forma de avaliar o desempenho dos formandos mais fidedigna que a contagem do número de procedimento efetuados. Os simuladores VR podem contribuir para a uniformização da avaliação em endoscopia digestiva. Através da medição de parâmetros específicos, os simuladores podem avaliar a aptidão.

Os formandos que efetuam treino de simulação têm mais vantagens quando comparados aos seus colegas sem treino, nas fases mais precoces. É por isso que é durante o internato médico que o treino em simuladores parece ter uma aplicação mais robusta. A literatura sugere que as vantagens iniciais conferidas pelo TBS se vão atenuando e acabam por desaparecer com o treino em pacientes reais. Alguns estudos demonstraram que a competência adquirida no TBS é transferível para a clínica, mas ainda é necessária mais evidência nesta área.

Quando comparado ao treino tradicional, a informação é equívoca e heterogênea, por isso torna-se difícil aconselhar a favor ou contra o uso de simuladores como substituintes do modelo de aprendizagem clássico, nos estádios iniciais do treino. A maioria dos estudos suporta a implementação de simuladores VR de forma

complementar ao treino tradicional, e não substitutiva. É importante ter sempre a orientação e o *feedback* de um especialista, tanto no treino de simulação como no treino clássico.

Os estudos futuros devem comparar a eficácia e o custo-efetividade das diferentes plataformas. Deve ainda ser desenvolvido um programa de treino uniforme para cada procedimento endoscópico.

A pandemia COVID-19 veio obrigar a uma reestruturação do ensino de endoscopia digestiva. Propostas como um aumento da integração de simuladores no treino estão a ser colocadas em cima da mesa, por ser um método de aprendizagem que acarreta menos contacto e risco.

A tecnologia dos simuladores VR precisa de ser aperfeiçoada para conferir um maior realismo à simulação. Futuramente, os simuladores irão provavelmente desempenhar um papel crucial nos programas de treino desenhados para treinar a próxima geração de endoscopistas, e os seus preços serão mais acessíveis de modo a facilitar a sua implementação.

#### ***Take-home messages***

- O TBS é um recurso valioso para o treino de endoscopia, num ambiente seguro, com benefícios em várias etapas do processo de aprendizagem, sobretudo nas fases iniciais do treino.
- Os modelos VR são os mais estudados e a sua eficácia em capacitar os formandos em manobras endoscópicas básicas está comprovada, com otimização da curva de aprendizagem.
- Os simuladores VR podem contribuir para a uniformização da avaliação em endoscopia GI, por apresentarem um cenário semelhante a todos os alunos e por medirem o desempenho através de parâmetros específicos, mas o seu custo elevado é o maior inconveniente.
- As vantagens iniciais conferidas pelo TBS vão atenuando e acabam por desaparecer com o treino em pacientes reais.
- O TBS VR deve servir como um complemento ao modelo de aprendizagem clássico.
- Em qualquer método, é importante ter sempre a orientação e o *feedback* de um especialista.
- É necessário apostar na criação de programas de treino rigorosos e uniformes.
- A pandemia COVID-19 veio impulsionar integração dos simuladores no treino.
- A tecnologia dos simuladores VR precisa de ser aperfeiçoada em termos de realismo.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu co-orientador Doutor Carlos Freitas, o meu sincero agradecimento pelo voto de confiança, pela disponibilidade, prontidão e dedicação em ajudar-me na elaboração do trabalho final de mestrado e pela a gentileza com que fez as suas apreciações. Foi um enorme prazer trabalhar a seu lado.

Ao meu orientador, o Prof. Doutor Rui Tato Marinho, que me cativou nas aulas de Gastreenterologia e se revelou uma referência no meu percurso académico.

Ao Prof. Doutor Lucindo Ormonde pela amabilidade em se disponibilizar como Vogal Arguente na defesa pública desta dissertação, e pelo seu percurso notável e posição de destaque na área da Anestesiologia, que serve de inspiração a muitos.

Aos meus pais, Arsénio Nunes e Susana Nunes, e irmão, Roberto Nunes, por todo o amor e paciência, e por estarem sempre presentes e acreditarem em mim. À minha mãe, em especial, pelo apoio incondicional ao longo de todas as etapas deste percurso e por todo o esforço investido na minha educação.

Aos amigos pelo suporte e incentivo, e por caminharem a meu lado nesta viagem.

Àqueles que partilharam comigo estes 6 anos de faculdade, obrigada pelo companheirismo e por me proporcionarem momentos incríveis que jamais serão esquecidos.

Aos professores, obrigada pelo conhecimento e inspiração transmitidos ao longo do curso, e pelo exemplo de excelência ao qual me habituaram.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. K. Triantafyllou, L. Lazaridis, and G. Dimitriadis, "Virtual reality simulators for gastrointestinal endoscopy training," *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 6, no. 1, p. 6, 2014, doi: 10.4253/wjge.v6.i1.6.
2. T. Mahmood, M. A. Scaffidi, R. Khan, and S. C. Grover, "Virtual reality simulation in endoscopy training: Current evidence and future directions," *World Journal of Gastroenterology*, vol. 24, no. 48. Baishideng Publishing Group Co., Limited, pp. 5439–5445, Dec. 28, 2018, doi: 10.3748/wjg.v24.i48.5439.
3. S. Kumar, S. Prenner, and M. L. Kochman, "The Impact of COVID-19 on Endoscopic Training," *American Journal of Gastroenterology*, vol. 115, no. 7. Wolters Kluwer Health, pp. 1142–1143, Jul. 01, 2020, doi: 10.14309/ajg.0000000000000716.
4. G. H. Kim, S. J. Bang, and J. H. Hwang, "Learning models for endoscopic ultrasonography in gastrointestinal endoscopy," *World Journal of Gastroenterology*, vol. 21, no. 17, pp. 5176–5182, May 2015, doi: 10.3748/wjg.v21.i17.5176.
5. S. E. van der Wiel, R. Küttner Magalhães, C. R. Rocha Gonçalves, M. Dinis-Ribeiro, M. J. Bruno, and A. D. Koch, "Simulator training in gastrointestinal endoscopy – From basic training to advanced endoscopic procedures," *Best Practice and Research: Clinical Gastroenterology*, vol. 30, no. 3. Bailliere Tindall Ltd, pp. 375–387, Jun. 01, 2016, doi: 10.1016/j.bpg.2016.04.004.
6. J. Goodman et al., "Endoscopic simulators," vol. 6, no. 4, p. 112, 2019, doi: 10.1016/j.gie.2018.10.037.
7. L. Harpham-Lockyer, F. Laskaratos, P. Berlingieri, and O. Epstein, "Role of virtual reality simulation in endoscopy training," *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 7, no. 18, p. 1287, 2015, doi: 10.4253/wjge.v7.i18.1287.
8. M. Finocchiaro et al., "Training simulators for gastrointestinal endoscopy: Current and future perspectives," *Cancers*, vol. 13, no. 6. MDPI AG, pp. 1–26, Mar. 02, 2021, doi: 10.3390/cancers13061427.
9. N. King, A. Kunac, and A. M. Merchant, "A Review of Endoscopic Simulation: Current Evidence on Simulators and Curricula," *Journal of Surgical Education*, vol. 73, no. 1, pp. 12–23, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.jsurg.2015.09.001.
10. E. Artifon et al., "Ex vivo and simulator models teaching therapeutic ERCP and EUS: description of SOBED's first course," 2016. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/309121530>.
11. S. Papanikolaou et al., "Effective colonoscopy training techniques: Strategies to improve patient outcomes," *Advances in Medical Education and Practice*, vol. 7, pp. 201–210, 2016, doi: 10.2147/AMEP.S99617.
12. J. Hochberger and J. Maiss, "Currently Available Simulators: Ex Vivo Models," *Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North America*, vol. 16, no. 3. pp. 435–449, Jul. 2006, doi: 10.1016/j.giec.2006.03.010.

13. N. Martins, "O Crew Resource Management como Contributo da Ciência Aeronáutica para a Ciência Médica Crew Resource Management and Aircraft Science as a Contribution for Medical Science." [Online]. Available: [www.actamedicaportuguesa.com](http://www.actamedicaportuguesa.com).
14. DeMaria, "Medicine, aviation, and simulation," *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 57, no. 11, pp. 1328–1329, Mar. 15, 2011, doi: 10.1016/j.jacc.2011.02.007.
15. Mueller et al., "Validity evidence for a new portable, lower-cost platform for the fundamentals of endoscopic surgery skills test," *Surgical Endoscopy*, vol. 30, no. 3, pp. 1107–1112, Mar. 2016, doi: 10.1007/s00464-015-4307-6.
16. M. Piskorz et al., "Impact of a Virtual Endoscopy Training Curriculum in Novice Endoscopists: First Experience in Argentina," *Digestive Diseases and Sciences*, vol. 65, no. 11, pp. 3072–3078, Nov. 2020, doi: 10.1007/s10620-020-06532-8.
17. L. Faulx et al., "Guidelines for privileging, credentialing, and proctoring to perform GI endoscopy," *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 85, no. 2, pp. 273–281, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.gie.2016.10.036.
18. V. E. Ekkelenkamp, A. D. Koch, R. A. de Man, and E. J. Kuipers, "Training and competence assessment in GI endoscopy: A systematic review," *Gut*, vol. 65, no. 4. BMJ Publishing Group, pp. 607–615, Apr. 01, 2016, doi: 10.1136/gutjnl-2014-307173.
19. SAGES, "Program Description - Fundamentals of Endoscopic Surgery," 2021. <https://www.fesprogram.org/about/program-description-2/> (accessed Apr. 19, 2021).
20. M. C. Vassiliou et al., "Fundamentals of endoscopic surgery: Creation and validation of the hands-on test," *Surgical Endoscopy*, vol. 28, no. 3, pp. 704–711, 2014, doi: 10.1007/s00464-013-3298-4.
21. J. Ansell et al., "Systematic review of validity testing in colonoscopy simulation," *Surgical Endoscopy*, vol. 26, no. 11. Springer New York LLC, pp. 3040–3052, 2012, doi: 10.1007/s00464-012-2332-2.
22. N. Azzam et al., "Development and validation of metric-based-training to proficiency simulation curriculum for upper gastrointestinal endoscopy using a novel assessment checklist," *Saudi Journal of Gastroenterology*, vol. 26, no. 4, pp. 179–187, Jul. 2020, doi: 10.4103/sjg.SJG\_113\_20.
23. S. R. Dawe et al., "Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training," *British Journal of Surgery*, vol. 101, no. 9. John Wiley and Sons Ltd, pp. 1063–1076, 2014, doi: 10.1002/bjs.9482.
24. K. Yunoki and T. Sakai, "The role of simulation training in anesthesiology resident education," *Journal of Anesthesia*, vol. 32, no. 3. Springer Tokyo, pp. 425–433, Jun. 01, 2018, doi: 10.1007/s00540-018-2483-y.
25. Y. Shirai et al., "Prospective randomized study on the use of a computer-based endoscopic simulator for training in esophagogastroduodenoscopy," *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*, vol. 23, no. 7 PT1, pp. 1046–1050, 2008, doi: 10.1111/j.1440-1746.2008.05457.x.

26. Haycock et al., "Training and transfer of colonoscopy skills: a multinational, randomized, blinded, controlled trial of simulator versus bedside training," *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 71, no. 2, pp. 298–307, Feb. 2010, doi: 10.1016/j.gie.2009.07.017.
27. S. Singh, R. E. Sedlack, and D. A. Cook, "Effects of Simulation-Based Training in Gastrointestinal Endoscopy: A Systematic Review and Meta-analysis," *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, vol. 12, no. 10. W.B. Saunders, pp. 1611-1623.e4, Oct. 01, 2014, doi: 10.1016/j.cgh.2014.01.037.
28. M. Walsh, M. E. Sherlock, S. C. Ling, and H. Carnahan, "Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy," *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Jun. 2012, doi: 10.1002/14651858.cd008237.pub2.
29. R. E. Sedlack and J. C. Kolars, "Computer Simulator Training Enhances the Competency of Gastroenterology Fellows at Colonoscopy: Results of a Pilot Study," *Am J Gastro-enterol.*, 2004, doi: 10.1046/j.1572-0241.2003.04007.x.
30. J. Cohen et al., "Multicenter, randomized, controlled trial of virtual-reality simulator training in acquisition of competency in colonoscopy," *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 64, no. 3, pp. 361–368, 2006, doi: 10.1016/j.gie.2005.11.062.
31. L. P. Sturm, J. A. Windsor, P. H. Cosman, P. Cregan, P. J. Hewett, and G. J. Maddern, "A systematic review of skills transfer after surgical simulation training," *Annals of Surgery*, vol. 248, no. 2. pp. 166–179, Aug. 2008, doi: 10.1097/SLA.0b013e318176bf24.
32. Ferlitsch et al., "Effect of virtual endoscopy simulator training on performance of upper gastrointestinal endoscopy in patients: A randomized controlled trial," *Endoscopy*, vol. 42, no. 12, pp. 1049–1056, 2010, doi: 10.1055/s-0030-1255818.
33. R. Khan, J. Plahouras, B. C. Johnston, M. A. Scaffidi, S. C. Grover, and C. M. Walsh, "Virtual reality simulation training in endoscopy: A Cochrane review and meta-analysis," *Endoscopy*, vol. 51, no. 7, pp. 653–664, 2019, doi: 10.1055/a-0894-4400.
34. R. E. Sedlack, J. C. Kolars, and J. A. Alexander, "Computer Simulation Training Enhances Patient Comfort During Endoscopy," *Clin Gastroenterol Hepatol.*, 2004, doi: 10.1053/S1542-3565(04)00067-9.
35. D. Koch et al., "Expert and construct validity of the Simbionix GI Mentor II endoscopy simulator for colonoscopy," *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, vol. 22, no. 1, pp. 158–162, Jan. 2008, doi: 10.1007/s00464-007-9394-6.
36. R. Khan, J. Plahouras, B. C. Johnston, M. A. Scaffidi, S. C. Grover, and C. M. Walsh, "Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy," *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2018, no. 8. John Wiley and Sons Ltd, Aug. 17, 2018, doi: 10.1002/14651858.CD008237.pub3.
37. P. P. Gomez, R. E. Willis, and K. van Sickle, "Evaluation of two flexible colonoscopy simulators and transfer of skills into clinical practice," *Journal of Surgical Education*, vol. 72, no. 2, pp. 220–227, Mar. 2015, doi: 10.1016/j.jsurg.2014.08.010.
38. Siau K et al., "Impact of a simulation-based induction programme in gastroscopy on trainee outcomes and learning curves," *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy World J*

- Gastrointest Endosc, vol. 12, no. 3, pp. 83–118, 2020, [Online]. Available: <https://www.wjgnet.com/bpg/gerinfo/240>.
39. S. C. Grover et al., “Impact of a simulation training curriculum on technical and nontechnical skills in colonoscopy: a randomized trial,” *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 82, no. 6, pp. 1072–1079, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.gie.2015.04.008.
  40. S. C. Grover et al., “Progressive learning in endoscopy simulation training improves clinical performance: a blinded randomized trial,” in *Gastrointestinal Endoscopy*, Nov. 2017, vol. 86, no. 5, pp. 881–889, doi: 10.1016/j.gie.2017.03.1529.
  41. A. Hashimoto, E. Petrusa, R. Phitayakorn, C. Valle, B. Casey, and D. Gee, “A proficiency-based virtual reality endoscopy curriculum improves performance on the fundamentals of endoscopic surgery examination,” *Surgical Endoscopy*, vol. 32, no. 3, pp. 1397–1404, Mar. 2018, doi: 10.1007/s00464-017-5821-5.
  42. A. Guzzetta et al., “Proficiency-based preparation significantly improves FES certification performance,” *Surgical Endoscopy*, vol. 32, no. 11, pp. 4451–4457, Nov. 2018, doi: 10.1007/s00464-018-6190-4.
  43. Kruglikova, T. P. Grantcharov, A. M. Drewes, and P. Funch-Jensen, “The impact of constructive feedback on training in gastrointestinal endoscopy using high-fidelity virtual-reality simulation: A randomised controlled trial,” *Gut*, vol. 59, no. 2, pp. 181–185, Feb. 2010, doi: 10.1136/gut.2009.191825.
  44. “Inauguração Edifício Reynaldo Dos Santos | Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa.” <https://www.medicina.ulisboa.pt/inauguracao-edificio-reynaldo-dos-santos> (accessed Jun. 19, 2021).
  45. T. L. Ang, “Gastrointestinal endoscopy during COVID-19 pandemic,” *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*, vol. 35, no. 5. Blackwell Publishing, pp. 701–702, May 01, 2020, doi: 10.1111/jgh.15048.
  46. K. Siau et al., “The Impact of COVID-19 on Gastrointestinal Endoscopy Training in the United Kingdom,” *Gastroenterology*, vol. 159, no. 4. W.B. Saunders, pp. 1582-1585.e3, Oct. 01, 2020, doi: 10.1053/j.gastro.2020.06.015.
  47. S. Koo, K. T. H. Siah, and C. J. Koh, “Endoscopy Training in COVID-19: Challenges and Hope for a Better Age.,” *Journal of gastroenterology and hepatology*, Apr. 2021, doi: 10.1111/jgh.15524.
  48. U. D. Siddiqui and H. R. Aslanian, “The New Virtual Reality: Advanced Endoscopy Education in the COVID-19 Era,” *Digestive Diseases and Sciences*, vol. 65, no. 7. Springer, pp. 1888–1891, Jul. 01, 2020, doi: 10.1007/s10620-020-06386-0.
  49. Khanicheh and A. K. Shergill, “Endoscope design for the future,” *Techniques in Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 21, no. 3. W.B. Saunders, pp. 167–173, Jul. 01, 2019, doi: 10.1016/j.tgie.2019.05.003.
  50. “Endoscopy simulator - EndoVision STANDARD - MedVision Group - mobile / workstation / computerized.” <https://www.medicalexpo.com/prod/medvision-group/product-128991-957840.html> (accessed Jun. 20, 2021).

## ANEXOS

### **LINKS ÚTEIS**

SAGES: <https://www.sages.org/>

Programa da FES: <https://www.fesprogram.org/>

Programa de e-Learning da ESGE: <https://www.esge.com/elearning/>

Programa da FLS: <https://www.flsprogram.org/>

Sociedade Portuguesa de Simulação Aplicada às Ciências da Saúde (SPSim):  
<https://spsim.pt/>

Sociedade Portuguesa de Endoscopia Digestiva (SPED): <https://www.sped.pt/>

Simuladores da CAE Healthcare: <https://www.cae.com/healthcare/products/>

Simuladores de endoscopia GI da Symbionix: <https://symbionix.com/simulators/gi-mentor/gi-mentor/>

Cursos de treino de simulação em Anestesiologia: <https://vastcourse.org/courses/> e <https://harvardmedsim.org/course-type/anesthesia-simulation-courses/>