

INTERFACE REALISTA EM RV PARA SIMULADOR DE COLONOSCOPIA

BRUNO MARTINS ALEXANDRE¹; RAFAEL PICCIN TORCHELSEN²

¹Univerdade Federal de Pelotas – bmalexandre@inf.ufpel.edu.br

²Univerdade Federal de Pelotas – rafael.torchelsen@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Para realizar uma colonoscopia, é necessário possuir habilidades técnicas para manipular o endoscópio, além de compreender o funcionamento do sistema gastrointestinal e as possíveis lesões que podem ocorrer nele. O conhecimento preciso para dominar esses procedimentos é alto, sendo necessária experiência prática. O sistema padrão de treinamento consiste em um endoscopista experiente orientando um estudante, porém esse sistema possui falhas: quando o estudante vai realizar a prática, há riscos de desconforto e ferimentos ao paciente, e, caso o estudante encontre um problema, o mentor assume, privando o estudante do aprendizado (FINOCCHIARO; CORTEGOSO VALDIVIA; HERNANSANZ; MARINO; AMRAM; CASALS; MENCIASSI; MARLICZ; CIUTI; KOULAUOZIDIS, 2021).

Simuladores fornecem um ótimo meio para praticar sem os riscos associados a um procedimento real, permitindo que estudantes desenvolvam essas habilidades sem os problemas do método tradicional. Simuladores virtuais são interessantes porque fornecem feedback instantâneo sobre a performance, além de serem mais fáceis de configurar (ZHANG; LIU; ZHENG, 2021), porém são muito custosos.

Com a introdução de óculos de realidade virtual a preços acessíveis no mercado, tornou-se possível o desenvolvimento de simuladores imersivos como o ViGaTu, embora ele foque mais nos preparativos para o procedimento (HENNIGER; ENGELKE; KREISER; RIEMER; WIERZBA; DIMITRIADIS; MEINING; SEUFERT; ROPINSKI; HANN, 2024). Outro trabalho, realizado por (JOHN; DAY; WARDLE, 2020), também utiliza óculos de realidade virtual e apresenta uma simulação simplificada do procedimento, mas sem considerar a deformação da anatomia em resposta à movimentação do endoscópio durante a execução. Já o trabalho de (BAZOTTI, 2025), que propusera desenvolver uma interface em realidade virtual para interagir com um simulador de colonoscopia já existente feito por (MARTINS; MORAIS; TORCHELSEN; NEDEL; MACIEL, 2024), o qual utilizava apenas mouse e teclado, obteve resultados interessantes, porém havia aspectos a serem aprimorados na interface, como a escala entre a interface e o simulador, assim como no endoscópio virtual e na forma que as mãos interagiam com ele.

Diante dessas limitações, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma nova interface em realidade virtual, inspirada nos trabalhos anteriores para o mesmo simulador de colonoscopia, que proporcione uma experiência de treinamento mais realista e imersiva. Especificamente, busca-se adaptar a interface do simulador para ajustar a escala de movimento recebida pelo ambiente em RV, aprimorar o endoscópio virtual e implementar uma nova forma mais imersiva e realista de manipulação com as mãos.

Espera-se que a interface desenvolvida contribua para a formação de

estudantes e profissionais da área médica, permitindo o desenvolvimento seguro e eficiente de habilidades técnicas essenciais para a prática clínica.

2. METODOLOGIA

Este trabalho adotou uma abordagem de desenvolvimento experimental estruturada em três etapas principais.

Na primeira etapa, foi implementado um endoscópio virtual utilizando segmentos conectados por juntas para simular o comportamento físico do instrumento real, e, para a sua aparência, utilizou-se uma malha gerada proceduralmente que acompanha os segmentos.

Em seguida, a interface do simulador foi adaptada para receber os movimentos do endoscópio virtual. Nessa etapa, também levou-se em consideração a diferença de escala entre o simulador e o ambiente virtual, bem como o ângulo de inserção gerado pelo endoscópio virtual, para garantir que os movimentos fossem refletidos de forma coerente no simulador.

Por fim, foi desenvolvida a interface de manipulação em realidade virtual, permitindo ao usuário interagir com o endoscópio virtual utilizando as mãos. Nessa etapa, foram desenvolvidos dois modos de pegada para permitir um controle intuitivo durante o procedimento. Além disso, foram necessários ajustes na comunicação com o simulador para permitir uma interação estável e precisa, passando a utilizar a posição da mão em vez do endoscópio virtual.

Para motor gráfico, foi utilizada a Unity3D com linguagem de programação C#, e os óculos de realidade virtual utilizados durante o desenvolvimento foram um Meta Quest 3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da implementação da interface proposta são apresentados a seguir, iniciando pela modelagem do endoscópio virtual, seguida da interface de interação e, por fim, da integração com o simulador.

O endoscópio virtual foi criado a partir de segmentos com formato de cápsulas, conectados por uma junta configurável responsável pelo comportamento de um segmento em relação ao seu vizinho anterior. Essa junta permite simular o funcionamento de uma corda, neste caso um endoscópio, e configurar aspectos como rigidez e limites de movimentação e rotação entre os segmentos. O último segmento é o segmento raiz, não possuindo a junta. A malha do endoscópio está sendo gerada proceduralmente, permitindo alterar sua qualidade conforme caso necessário. A manopla é instanciada ao final do endoscópio virtual e configurada para não ser afetada por nenhuma simulação de física. O último segmento é configurado para seguir a mesma regra, além de ser filho da manopla.

Para a interface de interação da mão com o endoscópio, foi colocado um colisor em cada dedo da mão direita. Quando o polegar e outro dedo tocam simultaneamente qualquer segmento, o segmento passa a se mover junto com a mão. Para soltar o segmento, é necessário abrir a mão completamente, já que a ferramenta não pode escapar da mão do médico durante o procedimento.

Foram implementados dois tipos de pegadas para segurar o endoscópio e interagir com o simulador, uma firme e uma frouxa. A pegada firme funciona de maneira direta, o segmento controlado recebe uma força constante que o faz

seguir o movimento da mão e o movimento da mão é repassado para o simulador. A pegada frouxa aplica essa força apenas ao longo dos eixos lateral e vertical do segmento controlado. Durante essa pegada, como o movimento da mão não é repassado para o simulador, o primeiro segmento não se move, mas a força que é aplicada a ele para manter a simulação coerente continua. Combinar o primeiro segmento fixo com a inelasticidade do endoscópio simulado, que impede os segmentos de se afastarem no eixo profundidade, permite os segmentos deslizarem pela mão enquanto o segmento controlado é atualizado continuamente.

Figura 1: Representação da mão do usuário no espaço virtual.

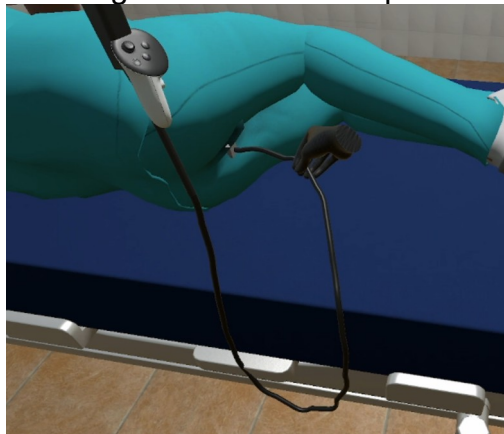


Fonte: do autor.

Para a sincronização do simulador com o endoscópio virtual, foi criada uma fronteira que detecta a inserção do endoscópio virtual. Por causa da instabilidade gerada na simulação de física do endoscópio devido às múltiplas forças agindo ao mesmo tempo foi escolhido utilizar a posição da mão do usuário para realizar a comunicação com o simulador. O ângulo de inserção do simulador é obtido a partir do cálculo da tangente formada entre a posição da mão e o centro da fronteira, tomando como referência os Eixos X e Y em relação ao Eixo Z. Ao endoscópio virtual ser inserido, utiliza-se o delta da distância euclidiana entre a posição atual da mão e o centro da fronteira em relação à distância registrada no instante anterior para calcular o movimento aplicado. Esse delta é recebido pelo simulador através de uma função que ajusta a escala do movimento.

Para que o comportamento do endoscópio virtual seja coerente com a inserção do instrumento no cólon, foi implementada uma estrutura de colisores que delimita o caminho do instrumento. O primeiro segmento do endoscópio virtual recebe uma força direcionada à posição correspondente à soma de todos os movimentos de inserção realizados pela mão até aquele instante, garantindo que o deslocamento do instrumento acompanhe a ação do usuário.

Figura 2: Usuário segurando o endoscópio virtual com a mão.



Fonte: do autor.

Até o momento, a interface foi submetida a testes preliminares, mostrando-se um protótipo funcional. A integração com o simulador utilizando a mão está estável e precisa. A interação da mão com o endoscópio virtual está satisfatória,

porém o mesmo ainda apresenta limitações na simulação, tornando o instrumento mais flexível do que deveria. Além disso, o rastreamento de mãos dos óculos não é totalmente preciso e, às vezes, perde a posição da mão do usuário.

4. CONCLUSÕES

O protótipo da interface desenvolvida neste trabalho representa uma inovação ao possibilitar a interação por meio da mão do usuário com um simulador de colonoscopia e com um endoscópio virtual, buscando proporcionar uma experiência imersiva e realista. Além disso, a interface introduz um desacoplamento entre a simulação do endoscópio virtual e a integração com o simulador, permitindo que sejam realizados ajustes em um sem afetar o outro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZOTTI, J. P. L. **Interface em realidade virtual para simulador de colonoscopia**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/284307>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FINOCCHIARO, M.; CORTEGOSO VALDIVIA, P.; HERNANSANZ, A.; MARINO, N.; AMRAM, D.; CASALS, A.; MENCIASSI, A.; MARLICZ, W.; CIUTI, G.; KOULAOUZIDIS, A. Training simulators for gastrointestinal endoscopy: current and future perspectives. **Cancers**, [S.l.], v.13, n.6, p.1427, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cancers13061427>. Acesso em: 20 jun. 2025.

HENNIGER, D.; ENGELKE, M.; KREISER, J.; RIEMER, V.; WIERZBA, E.; DIMITRIADIS, S.; MEINING, A.; SEUFERT, T.; ROPINSKI, T.; HANN, A. Validation of the ViGaTu Immersive Virtual Reality Endoscopy Training System for Physicians and Nurses. **Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 226–233, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.15403/jgld-5440>. Acesso em: 22 jul. 2025.

JOHN, N. W.; DAY, T. W.; WARDLE, T. An endoscope interface for immersive virtual reality. In: **EUROGRAPHICS WORKSHOP ON VISUAL COMPUTING FOR BIOLOGY AND MEDICINE**, 2020, [S.l.]. Anais... Goslar: The Eurographics Association, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2312/vcbm.20201167>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MARTINS, M.; MORAIS, L.; TORCHELSEN, R.; NEDEL, L.; MACIEL, A. Efficient position-based deformable colon modeling for endoscopic procedures simulation. In: **ACM SIGGRAPH 2024 CONFERENCE PAPERS**, 2024, Denver, CO, USA. Anais... New York: Association for Computing Machinery, 2024. Art. 91, 10 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3641519.3657454>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ZHANG, W.; LIU, X.; ZHENG, B. Virtual reality simulation in training endoscopic skills: a systematic review. **Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery**, [S.l.], v.4, n.4, p.97–104, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lers.2021.09.002>. Acesso em: 20 jul. 2025.