

Criação Imersiva de Roteiros para Treinamentos de Tarefas Manuais

Vinicius Chrisosthemos Teixeira¹ e Márcio Sarroglia Pinho¹

¹Escola Politécnica – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
90.619-900 – Porto Alegre – RS – Brasil

Vinicius.Teixeira99@edu.pucrs.br, pinho@pucrs.br

Abstract. *The use of Virtual and Augmented Reality in industrial training has grown alongside technological advancements, leading to the development of applications aimed at supporting the learning of manual tasks. However, many of these solutions are domain-specific and not easily accessible to non-technical users. This work proposes a tool for creating immersive training scripts, allowing the insertion of 3D models, animations, and multimedia files. Its effectiveness was evaluated through a user study, focusing on ease of use and the quality of interaction provided by the system.*

Resumo. *O uso de Realidade Virtual e Aumentada em treinamentos industriais tem crescido com os avanços tecnológicos, gerando aplicações voltadas ao aprendizado de tarefas manuais. No entanto, muitas dessas soluções são específicas e pouco acessíveis para usuários sem conhecimento técnico em computação. Este trabalho propõe uma ferramenta que permite a criação de roteiros de treinamento imersivos, com inserção de modelos 3D, animações e arquivos multimídia. Sua eficácia foi avaliada por meio de um estudo com usuários, focando na facilidade de uso e na interação oferecida pelo sistema.*

1 Introdução

A Realidade Aumentada (RA) tem se mostrado eficaz no apoio à educação e ao treinamento, especialmente por permitir a integração de elementos 3D em ambientes reais. Aplicações nas áreas de Medicina e Indústria demonstram melhorias no engajamento, compreensão e desempenho dos aprendizes [Barsom, 2016] [Heinz, 2019] [Munzer, 2019]. No entanto, o desenvolvimento de aplicações para treinamentos manuais ainda enfrenta obstáculos, como a falta de ferramentas genéricas, a exigência de conhecimentos em programação e as limitações de editores 2D, que dificultam o posicionamento preciso de elementos virtuais.

Diante desses desafios, este trabalho desenvolveu um framework para criação de treinamentos imersivos em RA e Realidade Virtual (RV) voltado a tarefas manuais, permitindo que especialistas do domínio desenvolvam conteúdos diretamente em ambientes 3D, sem necessidade de programação. A metodologia envolveu uma revisão da literatura, o desenvolvimento do framework com base nos requisitos identificados e sua validação por meio de testes com usuários. Os resultados demonstraram a viabilidade da proposta, com destaque para a facilidade de uso e a efetividade no processo de criação de treinamentos. Parte desses resultados foi publicada anteriormente

o artigo “Immersive Modeling Framework for Training Applications” [Teixeira, 2023], incluindo um caso de uso com uma Máquina de Teste Universal.

2 Trabalhos Relacionados

Foi conduzido um levantamento bibliográfico entre 2016 e 2023 nos repositórios IEEE e ACM, utilizando a busca “Training AND Authoring AND (Augmented Reality OR Virtual Reality)” para identificar características relevantes em sistemas de criação de treinamentos com RA/RV. Dos 143 resultados iniciais, 19 estudos foram selecionados por tratarem da criação de treinamentos imersivos com interação direta com objetos 3D. Entre as tendências identificadas, destaca-se a combinação de controles físicos com rastreamento de mãos, que melhora a interação e a imersão do usuário, especialmente em aplicações de RA com manipulação simultânea de objetos reais e virtuais [Yuan, 2023][Cai, 2022]. Outra abordagem recorrente é o uso de gravações de demonstrações para geração automática de instruções, simplificando o processo de criação.

A revisão também revelou que, embora muitos sistemas sejam voltados para domínios específicos, há escassez de soluções genéricas e reutilizáveis. Entre as funcionalidades mais valorizadas estão a inserção de modelos 3D personalizados, o uso de arquivos multimídia e a organização do conteúdo em etapas sequenciais, o que facilita a assimilação de tarefas complexas. Recursos como o rastreamento de objetos reais e a flexibilidade de visualização entre RV e RA aumentam o realismo e a adaptabilidade dos treinamentos, servindo de base para a definição dos requisitos do framework proposto. Os resultados desta revisão estão publicados no artigo “*Using frameworks to develop augmented reality training in industry: A systematic review*” [Teixeira, 2025]

3 Framework para Criação de Treinamentos

O framework contempla dois perfis de usuários: o especialista, responsável pela criação do treinamento, e o aprendiz, que executa as atividades guiadas. A fim de permitir maior precisão na interação, o especialista interage com o ambiente usando controles com raycasting [Bolt, 1980] para manipulação de objetos. Já o aprendiz pode interagir por gestos manuais, como a “pinça”, para selecionar um objeto, e o “positivo” para avançar etapas. A opção pela interação sem um controle foi feita pois o aprendiz pode precisar manipular algum objeto real durante o treinamento. Um exemplo destas interações é mostrado nas [Figura 1-A](#) e [Figura 1-B](#).

O framework utiliza o conceito de “**Sessões**”, que permite a criação modular de treinamentos, compostos por uma **sequência de etapas**, cada uma representando uma cena 3D contendo objetos virtuais posicionados para instrução, sinalização ou demonstração. Para viabilizar essa construção, o framework disponibiliza ações de edição comuns a ambientes de modelagem 3D. Essas **ações** são divididas entre: ações instantâneas, que são aplicadas ao primeiro objeto/grupo tocado pelo raio; e ações contínuas, que continuam sendo aplicadas conforme o raio toca os objetos/grupos. Entre estas ações estão: duplicar, redimensionar, agrupar, alterar cor e fixar objetos em cena ou entre etapas. Para garantir a reprodutibilidade do posicionamento virtual no ambiente

real, foi implementado um sistema de ancoragem espacial via SpatialAnchor, da Oculus Integration¹.

3.1 Prateleira de Ferramentas

Para organizar os elementos de construção do treinamento o framework agrupa objetos (3D, imagens, textos, vídeos) e ações em “páginas”. Objetos podem ser carregados localmente ou da nuvem, e modificados por *raycasting* ou por meio de um teclado numérico virtual. Adicionalmente, o framework permite a inserção de conteúdo multimídia como textos, vídeos e imagens. A [Figura 1-C](#) mostra o modelo 3D da prateleira, contendo opções para filtrar entre Todos, Ações e Objetos ([Figura 1-C-1](#)), opções de avançar e retroceder os objetos ([Figura 1-C-2](#)) e o conteúdo da prateleira ([Figura 1-C-3](#)).

3.2 Ancoragem no mundo real

Para permitir que o treinamento criado ao redor de um objeto real possa ser reproduzido futuramente no mesmo local, o framework disponibiliza um mecanismo de ancoragem de objetos virtuais, realizada com o auxílio de um acessório físico ([Figura 2](#)) acoplado ao controle, garantindo alinhamento preciso entre os mundos virtual e real. Para os casos em que o especialista/aprendiz está no local do objeto do treinamento, o framework disponibiliza o modo RA, que permite a visualização dos objetos virtuais junto com os objetos reais. Para os casos em que o usuário não está no local físico, o modo RV pode ser usado para montar e visualizar o treinamento em um ambiente totalmente virtual

3.3 Painel de Controle

Para disponibilizar as opções de gerenciamento da sessão de treinamento, o protótipo utiliza um Painel de Controle, que permite alternar entre os modos de edição (para o especialista) e execução (para o aprendiz) e configurar o modo de visualização (RA ou RV). O visual do painel de controle é mostrado na [Figura 1-D](#). No contexto específico de RA, há necessidade de ações avançadas como a oclusão de objetos virtuais, permitindo que elementos reais ocultem objetos digitais para reforçar a integração visual com o ambiente físico.

3.4 Integração com o mundo real

Também é possível integrar o ambiente virtual a dispositivos externos, como botões, sensores ou câmeras, para rastrear objetos reais e refletir seu estado em tempo real no ambiente virtual, via comunicação em rede local. Os dados vindos dos sensores podem alterar propriedades dos objetos virtuais como posição, cor, visibilidade etc.

4 Estudo com Usuários

A fim de validar o framework desenvolvido para criação de tutoriais de tarefas manuais em realidade virtual e aumentada (RV/RA), foram conduzidos dois experimentos com usuários. O objetivo foi verificar a usabilidade e a eficácia do protótipo, especialmente no que tange à sua capacidade de permitir que especialistas em um domínio construam,

¹ <https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/unity-spatial-anchors-overview/>

de forma autônoma, treinamentos imersivos. O estudo foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS e registrado na Plataforma Brasil, sob número CAAE: 75192123.5.0000.5336

4.1 Desenho Experimental

Os experimentos foram estruturados em três fases: (1) Capacitação em RA/RV, (2) Tutorial da Ferramenta, e (3) Criação de um Tutorial de Treinamento. Durante a etapa de capacitação, os usuários realizavam tarefas básicas de manipulação de objetos em um ambiente virtual, com duração média de 3 a 5 minutos. A cena virtual usada nesta etapa é exibida na [Figura 3](#), em que o usuário precisa recriar o cenário da esquerda posicionando os objetos da direita. Uma demonstração dessa etapa pode ser encontrada [neste link no Youtube](#).

Na fase seguinte, era apresentado um tutorial guiado com 12 etapas abordando as principais funcionalidades da ferramenta, como inserção e modificação de objetos 3D, uso de painéis multimídia e agrupamento. Por fim, os participantes usavam o protótipo para montar um tutorial baseado em instruções fornecidas, em um cenário prático. Neste tutorial, as etapas foram montadas usando o próprio protótipo, inserindo painéis de vídeo explicando cada recurso do framework e propondo um pequeno exercício para fixá-lo. Um exemplo de uma etapa do tutorial é mostrado na [Figura 4](#), na qual é apresentada a funcionalidade ligada a troca de modo de operação, passando do modo de execução para o modo de edição. Na cena, um vídeo é exibido e painéis de texto guiando o usuário para realizar a atividade. Uma demonstração dessa etapa pode ser encontrada [neste link no Youtube](#).

Na terceira fase, os participantes utilizaram o protótipo para criar uma sessão de treinamento, para a operação de uma cafeteira elétrica e de uma máquina de corte a LASER. Para saber como se operam estes equipamentos, os usuários foram guiados por tutoriais baseados no manual da cafeteira e, no caso da máquina de corte, elaborados com apoio de um especialista. Os tutoriais foram fornecidos em formato impresso e como painéis de texto dentro da aplicação. A atividade teve duração de 25 a 40 minutos. Uma demonstração dessa etapa pode ser encontrada [neste link no Youtube](#).

Após a criação dos treinamentos, os participantes responderam a dois questionários. O primeiro foi uma adaptação do System Usability Scale (SUS) [Brooke 1996], avaliando a usabilidade da interface. O segundo buscou identificar quais funcionalidades foram mais úteis, dispensáveis ou ausentes na perspectiva dos usuários. Entre os recursos avaliados estavam duplicação, alteração de cor e tamanho de objetos, criação de grupos, uso de painéis multimídia, definição de etapas, modos de visualização (RA/RV) e modos de operação (edição/execução). Também foi avaliada a aplicabilidade do protótipo para treinamentos reais, com respostas categorizadas quanto à complexidade dos tutoriais possíveis de serem criados.

5 Resultados

O primeiro experimento foi conduzido em uma sala com uma mesa onde 14 participantes, com idades entre 19 e 37 anos, criaram tutoriais de uso para uma cafeteira Dolce Gusto usando o protótipo do framework desenvolvido. Dos 14 participantes, 13 eram estudantes, com experiência prévia em modelagem 2D/3D e algum contato com RV/RA. Todos completaram a tarefa com sucesso, e a avaliação de usabilidade, feita com um questionário SUS adaptado, indicou que o protótipo foi considerado fácil de

aprender e usar por 13 participantes. A maioria (13 participantes) não sentiu cansaço e avaliou o conforto do sistema de forma positiva ou neutra.

Entre as funcionalidades, a criação de painéis multimídia foi apontada como a mais útil, seguida da troca entre modos de visualização (RV/RA), alteração de dimensões dos objetos e sequência de etapas. Por outro lado, alteração de cor e criação de grupos foram consideradas menos úteis, sendo esta última também vista como dispensável por 5 usuários. Ao final, a maioria dos participantes (78,6%) afirmou que os tutoriais criados poderiam ser usados em treinamentos reais, enquanto o restante os considerou mais adequados para tutoriais simples.

O segundo experimento foi realizado em dois locais. Para o treinamento dos usuários foi usada uma sala de aula e para a construção do tutorial, o usuário era levado ao um laboratório que continha uma máquina de corte a LASER CMA1080. Dez participantes (nove homens e uma mulher, média de idade 29,4 anos), entre professores e estudantes de Engenharia e Computação, participaram do estudo. 6 dos 10 participantes possuíam pouca ou nenhuma experiência prévia com RV/RA, mas conhecimento intermediário ou avançado em modelagem 2D/3D.

Todos completaram a tarefa com sucesso e avaliaram positivamente a ferramenta no questionário SUS, com destaque para facilidade de uso e conforto. Houve sugestões de melhorias na rotação e dimensionamento de objetos. As funcionalidades mais usadas foram a criação de painéis multimídia e de sequência de etapas. A maioria (8 participantes) considerou a aplicação útil para diversos contextos reais.

6 Discussão

A análise dos experimentos mostrou que o protótipo desenvolvido é funcional para a criação de treinamentos tanto em RV quanto RA mas, o aproveitamento dos recursos variou conforme a experiência prévia dos usuários com essas tecnologias. No primeiro experimento, com participantes não especialistas, 12 participantes utilizaram todos os objetos 3D disponíveis, criando cenas ricas e bem estruturadas ([Figura 5](#)). Já no segundo experimento, com especialistas na tarefa de operação da máquina de corte a LASER, as cenas foram mais simples e focadas em painéis de texto e imagens ([Figura 6](#)), sendo que apenas os familiarizados com RV/RA exploraram ações de modelagem de forma mais intensa.

Usuários de ambos os grupos relataram a necessidade de um acervo mais amplo de objetos 3D e dificuldades na rotação dos itens, sugerindo melhorias como manipuladores por eixos, comuns em ferramentas de modelagem. A funcionalidade de alterar dimensões foi amplamente utilizada no experimento 1 (Cafeteira) e de forma pontual no experimento 2 (máquina de corte), sempre por usuários com experiência em RV. Já a funcionalidade de duplicar objetos teve pouco uso, possivelmente devido à curva de aprendizado ou à facilidade de inserir manualmente objetos repetidos a partir da prateleira.

Entre as funcionalidades, o Painel Multimídia se destacou como o mais utilizado e considerado o mais útil pelos participantes. No experimento 1, foi usado para indicar instruções, tempos e sequências de ações, enquanto no experimento 2, os participantes reutilizaram os painéis já existentes, o que reforça seu papel central na comunicação das etapas do treinamento, mesmo quando há menos interação direta com o recurso.

7 Conclusão

Este trabalho projetou, desenvolveu e avaliou um framework para a criação de treinamentos de tarefas manuais em ambientes imersivos de Realidade Virtual e Aumentada. A definição das funcionalidades foi guiada por uma revisão da literatura, e sua validação se deu por meio da implementação de um protótipo, testado com dois grupos de usuários: um com participantes leigos e outro com especialistas em uma tarefa técnica. Os experimentos demonstraram que o framework é funcional, intuitivo e bem aceito pelos usuários, destacando-se pelo conforto, facilidade de aprendizado e engajamento. Contudo, mesmo especialistas na tarefa encontraram dificuldades em utilizar os recursos de modelagem 3D, indicando a necessidade de abordagens mais acessíveis para usuários com pouca experiência em tecnologias imersivas. Embora o foco tenha sido a criação dos treinamentos, a eficácia do framework como ferramenta de ensino será explorada em estudos futuros. Os resultados sugerem que ele tem potencial para viabilizar treinamentos visuais mais interativos e acessíveis, incentivando o uso de RV/RA em contextos educacionais e profissionais.

8 Referências

- Barsom, EZ, M Graafland, e MP Schijven. “Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. Surg Endosc.” *Surgical Endoscopy* 30, nº 10 (2016): 4174-4257.
- Cai, Shuting, Yang Zhou, Jun Shen, Jing Guo, Xiaoming Xiong, e Xiaobing Jiang. “Augmented Reality Based Surgical Training and Education System for Neurosurgery.” *2022 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)*. 2022. 678-681.
- Heinz, Mario, Sebastian Buttner, e Carsten Rocker. “Exploring Training Modes for Industrial Augmented Reality Learning.” *Association for Computing Machinery*, 2019: 398–401.
- Munzer, BW, MM Khan, B Shipman, e P Mahajan. “Augmented Reality in Emergency Medicine: A Scoping Review.” *J Med Internet Res*, 2019: 17-21.
- Teixeira, Vinicius Chrisosthemos, Carlo Smaniotto Mantovani, Alexandre Cardoso, Carlos Alexandre dos Santos, e Márcio Sarroglia Pinho. “Immersive Modeling Framework for Training Applications.” *2023 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2023: 277-279.
- Teixeira, Vinicius Chrisosthemos e Márcio Sarroglia Pinho. “Using frameworks to develop augmented reality training in industry: A systematic review” *Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*, 2025.
- Yuan, Shengzhi, Jianguo Xu, Yuan Zhou, e Jin Li. “Design and Application of A Maintenance Training System based on Virtual Reality.” *2023 2nd Asia Conference on Electrical, Power and Computer Engineering (EPCE)*. 2023. 84-87.
- Brooke, J.. “SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale”. *Usability Evaluation In Industry* (Vol. 1, p. 6), 1996. CRC Press.