

Aprendizado Engajador: Ambiente Imersivo Gamificado para Desenvolvimento de Habilidades em Pilotagem de Drones e Pensamento Computacional para os óculos *Meta Quest 2*

Engaging Learning: Gamified Immersive Environment for Skill Development in Drone Piloting and Computational Thinking for Meta Quest 2

Jéfer Benedett Dörr¹, Linnyer Beatrys Ruiz Aylon¹

¹Manna_Team - Universidade Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Maringá - PR - BR

{pg54802, lbruiz}@uem.br

Abstract. *Drones have played a crucial role in various fields, from recreational activities to pilot training and education. The availability of an immersive virtual reality environment enables the development not only of technical skills but also of soft skills and computational thinking needed to solve real-world problems. This study presents a virtual reality environment, MannaDroneVerse, dedicated to drone piloting education, aiming for comprehensive development of educational competencies and attainment of microcredentials.*

Keywords *metaverse; virtual reality; immersive environment; drone; onlife education; serious games.*

Resumo. *Os drones têm desempenhado um papel crucial em diversas áreas, desde atividades recreativas até treinamento de pilotos e educação. A disponibilidade de um ambiente de realidade virtual imersivo permite o desenvolvimento não apenas de habilidades técnicas, mas também de soft skills e pensamento computacional necessários para resolver problemas do mundo real. Este estudo apresenta um ambiente de realidade virtual, MannaDroneVerse, dedicado ao ensino de pilotagem de drones, visando o desenvolvimento abrangente de competências educacionais e a obtenção de microcredenciais.*

Palavras-Chave *metaverso; realidade virtual; ambiente imersivo; drone; educação onlife; jogos sérios.*

1. Introdução

O uso de ferramentas inovadoras e tecnologias exponenciais na educação tem o potencial de aprimorar a qualidade e a eficiência do ensino, assim como a relevância e a qualidade do material educacional. A incorporação de drones e realidade virtual (do inglês *virtual reality - VR*) nesse contexto, sendo tecnologias exponenciais, pode aumentar o engajamento dos alunos e se revelar uma forma eficaz de contribuir para os modelos educacionais futuros. Um drone, Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), conforme definido pela *Federal Aviation Administration (FAA)* [Administration 2023], é uma aeronave operada remotamente, dispensando a presença de um piloto a bordo.

O treinamento de pilotagem de drones, demanda por habilidades cognitivas e perceptivas e, as tarefas a serem executadas dependem da experiência do piloto

para serem realizadas com segurança. Estudos como o de [Makransky e Mayer 2022] destacam que a imersão na aprendizagem multimídia contribui para o modelo cognitivo-afetivo de aprendizagem imersiva e, também sugere que a lições de aprendizagem em ambientes imersivos podem ter efeitos positivos na aprendizagem. Segundo o *The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL)* [Makransky e Petersen 2021], as principais vantagens da aprendizagem em ambientes imersivos são um maior senso de presença (a sensação psicológica de 'estar lá') e o estar no controle de suas ações.

A introdução e o uso da VR no processo educacional estão se tornando cada vez mais comuns, embora ainda sejam necessárias mais pesquisas sobre a eficácia do método de ensino [Zadorozhniuk 2023]. A VR permite que os alunos compreendam melhor conceitos complexos e trabalhem com informações ou observem fenômenos ou condições que são difíceis de criar na sala de aula [Elmqaddem 2019]. Essa tecnologia pode ser empregada para simular e permitir que os alunos pratiquem habilidades e soluções em um ambiente seguro e controlado, sendo particularmente valiosa para especialidades onde ambientes de risco podem ser simulados [Kyaw et al. 2019, Cheng et al. 2023]. Para aumentar a eficácia da VR, métodos de aprendizado ativo devem ser incorporados, direcionando o foco para os aspectos relevantes ao assunto estudado no ambiente de aprendizado de VR. Estudos como os de [Kuang et al. 2022, Rojas-Sánchez et al. 2023] investigaram a eficácia do aprendizado usando VR, combinando-a até mesmo com jogos educacionais, demonstrando resultados positivos na compreensão de conceitos complexos e no aprimoramento de habilidades em ambientes mais próximos das condições reais.

Os ambientes virtuais simulados imersivos podem criar um Metaverso com atividades gamificadas, funcionando como um jogo sério para ensinar sobre pilotagem de drones. Ao contextualizar os aprendizes com tecnologias exponenciais, eles podem adquirir habilidades praticando virtualmente antes de pilotar drones reais. Além de ensinar sobre drones e pilotagem, outro objetivo é melhorar o desenvolvimento cognitivo-afetivo, o senso de presença no mundo digital, a coordenação motora fina, a orientação espacial e contribuir para uma educação de qualidade e pensamento computacional, aumentando o engajamento dos alunos e desenvolvendo habilidades de pensamento crítico, habilidades de codificação e análise de diversas informações [Lu et al. 2023].

Este projeto, que faz parte de um estudo de doutorado do Grupo de Pesquisa *Manna_Team*, foi inspirado em atividades reais realizadas em escolas, onde drones são utilizados para motivar os aprendizes. Virtualmente, este projeto pode ir além do que já é realizado, aproveitando as vantagens do mundo digital. Considerando a complexidade da operação de drones, que demanda habilidades específicas por parte do operador, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um simulador para oferecer treinamento em um ambiente virtual. Por meio do simulador, busca-se desenvolver as habilidades dos aprendizes, reduzindo custos de formação e evitando perdas ou danos em equipamentos decorrentes de manipulação inexperiente. Além disso, destaca-se a vantagem de poder ser utilizado sem a necessidade de um ambiente específico e da necessidade dos drones e da logística envolvida.

Este trabalho está estruturado como segue: a Seção 2 apresenta uma "Fundamentação Teórica". Os "Trabalhos Relacionados" são apresentados na Seção 3. As "Ferramentas e o Desenvolvimento" para a produção do ambiente de VR são apresentadas na Seção 4, a Seção 5 traz "Discussão: Desafios e Considerações" sobre

a aplicação do ambiente de VR proposto. A Seção 6 "Resultados Preliminares e Análise" apresenta resultados preliminares. Finalmente, as "Conclusões e Trabalhos Futuros" são apresentadas na Seção 7.

2. Fundamentação Teórica

A transformação digital requer mudanças em larga escala, uma visão compartilhada pelos participantes do processo educacional e esforços para garantir a eficácia do uso das tecnologias digitais no processo de ensino [Chou 2018]. Essas tecnologias têm o potencial de otimizar o processo de aprendizagem em diversas áreas e aumentar a alfabetização digital dos alunos, capacitando-os não apenas a consumir, mas também a criar, refletir criticamente e analisar informações. Essas habilidades são fundamentais para os futuros profissionais em diversas áreas. O emprego das tecnologias na formação de futuros especialistas em vários campos tem um alto impacto no processo de aprendizagem e pode levar a uma eficiência significativa. Conforme destacado por [Rojas-Sánchez et al. 2023], há uma necessidade de revisão dos currículos e programas de treinamento para desenvolver essas habilidades.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*UNESCO*), uma agência especializada das Nações Unidas (*ONU*), declara que a educação é uma maneira de resolver problemas potenciais que ameaçam nossa sociedade futura [ONU 1992]. O programa de Ensino e Aprendizagem para um Futuro Sustentável da UNESCO também declarou que a educação é um dos instrumentos mais poderosos para promover as mudanças necessárias para alcançar o desenvolvimento sustentável [UNESCO 2017]. Especificamente, em relação ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4 (*ODS 4*) pela *UNESCO*, a educação de qualidade e oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos devem ser abordadas [ONU 2017].

As Tecnologias de Informação e Comunicação (*TICs*) como ferramentas pedagógicas eficientes têm o potencial de responder e atender objetivo 4 da *ODS* [Colás-Bravo 2017]. Por exemplo, no estudo de [Cerro Velázquez e Morales Méndez 2018], a realidade aumentada (*AR*) e dispositivos móveis foram confirmados como apoio à aprendizagem dos alunos (educação de qualidade) e melhoria das habilidades dos alunos no uso de tecnologias emergentes (aprendizagem ao longo da vida [Resnick 2017]). No estudo de [Deaconu et al. 2018], as *TIC* integradas na educação e formação profissional proporcionaram resultados promissores, com os resultados de aprendizagem dos alunos sendo melhorados (educação de qualidade) e habilidades específicas sendo adquiridas para a aprendizagem ao longo da vida.

A integração de drones e VR apresenta um potencial significativo para aprimorar a educação, proporcionando aos alunos a oportunidade de desenvolver habilidades interdisciplinares e adquirir competências versáteis, tais como comunicação e colaboração. A concepção de uma plataforma virtual oferece um ambiente onde os alunos podem engajar-se em projetos dentro de um espaço virtual, mitigando as restrições associadas à presença física e à dependência de equipamentos especializados. Espera-se que os alunos demonstrem um alto nível de interesse e engajamento nas atividades educacionais que envolvem VR e drones. A incorporação da gamificação é fundamental para envolver crianças e adolescentes no manuseio de drones, pois permite que aprendam

de forma lúdica, facilitando a aquisição contínua de conhecimento. Isso contribui para manter os alunos motivados e atentos, acelerando o desenvolvimento de habilidades de voo em um período de tempo reduzido [Trujillo-Espinoza et al. 2021].

Tecnologias emergentes como *VR* em ambientes simulados orientados para o treinamento de pilotos de drones podem ser muito úteis, pois permitem que os pilotos (crianças e adolescentes) reduzam a curva de aprendizado obtendo conhecimento prévio antes de voar um drone fisicamente e em um ambiente livre de risco de acidentes. Se esses ambientes virtuais também forem produzidos sob a abordagem de gamificação, as mecânicas dos jogos são transferidas para o ambiente virtual para alcançar os melhores resultados possíveis [Gaitán 2013]. Os modelos educacionais estão se orientando cada vez mais para uma mudança do aprendizado passivo para o ativo (metodologias ativas), onde os alunos não apenas recebem informações de forma passiva, mas as avaliam criticamente e tiram conclusões por si mesmos. Esses modelos educacionais estão se tornando mais adaptáveis a possíveis interrupções no processo de aprendizado, permitindo que os alunos estudem o material de maneiras diversas e em momentos diferentes, com o apoio adequado [Schlemmer e Di Felice 2020, Trujillo-Espinoza et al. 2021, Lu et al. 2023].

A capacidade da *VR* de criar um ambiente o mais próximo possível das condições de trabalho reais, e dos drones de observar certos fenômenos em tempo real, melhora a habilidade de obter uma experiência real. Drones em ambiente de *VR* têm mostrado capacidade para facilitar a aprendizagem adaptativa, o que significa que os alunos podem compreender o conteúdo de estudo de forma mais profunda, prever diferentes formas de resolver problemas, considerar o problema a partir de diferentes perspectivas, realizar pesquisas aprofundadas e identificar conexões interdisciplinares entre o problema e as formas de resolvê-lo.

3. Trabalhos Relacionados

O artigo de [Kang et al. 2023] propôs um sistema de treinamento para simulação de incêndios, integrando tecnologias de *AR* e *VR* em um dispositivo de exibição montado na cabeça. A solução foi benéfica, apresentando resultados satisfatórios em relação à melhora nos treinamentos e educação, além de superar as limitações como as restrições de espaço-tempo, fatores de risco, custos de treinamento e dificuldades em ambientes reais. O estudo realizado por [Phang et al. 2021] descreve um programa de drones utilizado para atividades de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, do inglês *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM)*, por estudantes de engenharia na *Universiti Teknologi Malaysia (UTM)*. O desenvolvimento de aplicativos de drones expandiu as possibilidades de usá-los na educação, criando uma experiência de aprendizagem única e envolvente, trabalhando atributos como os atributos de cidadão global, conhecimento, criatividade, adaptabilidade, habilidades de liderança e trabalho em equipe.

O trabalho de [Sivenas e Koutromanos 2022] explorou a capacidade dos drones em uma perspectiva educacional e identificou quatro limitações: necessidade de treinamento dos professores, restrições de tempo relacionadas à vida útil da bateria do drone, restrições de dados de infraestrutura e pessoais. Além disso, estudos como [Sivenas e Koutromanos 2021] e [Sivenas et al. 2022] utilizaram dispositivos móveis e

óculos para pilotar drones reais em perspectiva de primeira pessoa, demonstrando resultados positivos. Em [Sivenas e Koutromanos 2021] foram utilizados dispositivos móveis para trabalhar programação em drones reais. Os resultados mostraram percepções positivas e ajudou os alunos a desenvolverem uma série de habilidades. Para que estes resultados pudessem ser alcançados, os professores indicaram a necessidade de treinamento sobre o uso pedagógico de drones, assistência em programação visual e suporte de infraestrutura. Em [Sivenas et al. 2022] foi utilizado um óculos para pilotar um drone real em perspectiva de primeira pessoa, com objetivo de determinar a adequação do uso de drones nos processos de ensino e aprendizagem. Adicionalmente, os autores avaliaram a presença espacial [Lombard et al. 2009], o desconforto ao utilizar os óculos e a usabilidade, ainda, apontou como limitação o equipamento necessário. Os estudantes receberam uma orientação inicial sobre o uso, pilotaram sem os óculos para acostumar com o drone e em seguida, utilizando os óculos, então responderam os questionários de coleta de dados para a pesquisa. Como conclusão, o trabalho considerou positiva as questões de sentimento de presença e o baixo índice de desconforto ao utilizar os óculos.

A pesquisa de [Gu et al. 2022] conclui que o uso de drones em *First Person View (FPV)* ajudou a melhorar a eficácia do ensino e da aprendizagem, despertando maior interesse pelo aprendizado e contribuindo para a transformação digital da educação. Autores como [Hamilton et al. 2021, Benjy e Thomas 2022, Al Farsi et al. 2022, Kasperuniene e Faiella 2023] também apontam a VR com impactos positivos em atividades de ensino.

Estudos como o de [Palaigeorgiou et al. 2017] e o de [Albeaino et al. 2022] exploraram abordagens para ensinar com o uso de drones utilizando VR. No estudo conduzido por [Chou 2018], os alunos foram capacitados para empregar drones, promovendo sua compreensão da visualização espacial e sequenciamento de instruções (educação de qualidade), além de aumentar sua consciência do pensamento computacional (aprendizagem ao longo da vida para a sociedade futura). O trabalho de [Cardona-Reyes et al. 2024] desenvolveu um ambiente com exercícios de pilotagem simulados, com aumento de dificuldade gradativo. Na mesma linha, o estudo de [Sattar et al. 2017] e [Bai et al. 2021] também demonstraram que o uso de drones na educação contribui para aumentar o engajamento dos alunos e desenvolver habilidades de pensamento crítico, habilidades de codificação e análise de diversas informações. Os resultados de estudos anteriores, como os de [Chou 2018] e [Bai et al. 2021], mostram que o uso de drones na educação permite o desenvolvimento efetivo das habilidades de pensamento crítico, envolve os alunos no processo de aprendizagem e melhora as habilidades de visualização espacial e sequenciamento de ações. Além disso, [Espinola et al. 2019] mostrou que essa abordagem não apenas beneficia crianças, mas também outras faixas etárias.

O trabalho de [Liu et al. 2018] criou um simulador utilizando a *engine* de jogos *Unreal* para ser utilizado em um óculos para treinamento imersivo que simula a física e a mecânica dos drones. Esse sistema demonstrou eficiência para o treinamento com drones, reduzindo custos e danos causados por operadores inexperientes. O sistema também apresentou uma cena com obstáculos, diferentes drones e a possibilidade de alternar entre visualização em primeira e terceira pessoa.

O estudo de [Postal et al. 2016] descreveu o desenvolvimento de um ambiente

de VR para o treinamento de pilotos de drones, utilizando dispositivos interativos. O objetivo foi aprimorar a experiência do usuário em tarefas de treinamentos com drones e, utilizaram o *Microsoft Kinect* para o controle do drone e o *Oculus Rift* para visualização da cena, com resultados preliminares positivos.

O trabalho de [Trujillo-Espinoza et al. 2021] propôs a aplicação de ambientes de VR sob uma abordagem de gamificação como uma ferramenta de apoio para treinar crianças e adolescentes. Os primeiros resultados da implementação desse ambiente mostraram eficácia no treinamento de desvio de obstáculos e controle de drones.

Por fim, o estudo de [Palaigeorgiou et al. 2017] utilizou drones simulados para oferecer uma alternativa a viagens reais a estudantes locais remotos, proporcionando uma visão mais detalhada em altitude e em melhores ângulos de visualização. Essa abordagem foi aplicada no contexto de educação e sustentabilidade, com alunos do ensino primário.

4. Ferramenta e Desenvolvimento

A escolha da *engine* de jogos *Unity*¹ para o desenvolvimento do ambiente imersivo com objetivo de ensino de pilotagem de drones com uso em dispositivos de óculos de VR, no caso, o *Meta Quest 2*, pode ser justificada por várias razões. A *Unity* é uma das plataformas de desenvolvimento mais populares para jogos e experiências em VR, é compatível com o *Meta Quest 2*, permitindo a criação de experiências imersivas específicas para esse dispositivo, aproveitando ao máximo os recursos e capacidades, como rastreamento de movimento e controladores intuitivos, para proporcionar uma experiência envolvente e interativa. A *Unity* oferece uma interface amigável e uma ampla gama de ferramentas e recursos para o desenvolvimento de ambientes imersivos. Além disso, suporta gráficos de alta qualidade e efeitos visuais impressionantes, fundamentais para criar um ambiente realista para o ensino de pilotagem de drones. A flexibilidade e a escalabilidade da ferramenta permitem a adaptação e expansão do ambiente conforme necessário, enquanto a possibilidade de inclusão de diferentes cenários de treinamento e desafios educacionais atende às necessidades específicas dos alunos no processo de aprendizagem.

Os óculos *Meta Quest 2* foram escolhidos para este projeto devido ao custo mais acessível e ao desempenho satisfatório. Este dispositivo de VR sem fio oferece uma solução conveniente para o desenvolvimento de um ambiente imersivo de ensino de pilotagem de drones. Para enviar o arquivo gerado pelo *Unity* e instalá-lo nos óculos, foi necessário utilizar o programa *SideQuest*². Os óculos devem estar configurados no modo desenvolvedor para permitir a instalação de arquivos de fontes externas. Dessa forma, o arquivo *Android Application Pack (APK)* gerado pelo *Unity* pode ser enviado e instalado no *Meta Quest 2*. Além disso, foram necessários os *plugins Oculus XR Plugin*³ e *XR Interaction Toolkit*⁴ para habilitar os controles, rastreamento e outras funções dos óculos dentro do *Unity*. Esses *plugins* são essenciais para garantir uma integração adequada entre o ambiente de desenvolvimento e o dispositivo de VR.

O ambiente de simulação criado incorpora um drone (*asset*) disponível na *Unity*

¹Disponível para *download* em: <https://unity.com/>

²<https://sidequestvr.com/>

³<https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-xr-plugin/>

⁴<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@3.0/manual/index.html>

*Store*⁵, caracterizado pela simulação realista de suas propriedades físicas, como rotores, velocidade, peso e estabilidade. Um colisor foi implementado para permitir interações com outros elementos na cena, onde o impacto resulta em efeitos sonoros e influencia na direção e estabilidade do voo do drone, dependendo da massa dos objetos impactados.

A interface de controle do drone simula os dispositivos reais, empregando um *joystick* para realizar os movimentos de subir/descer e girar o corpo do drone para direita/esquerda. Além disso, os movimentos da cabeça correspondem à movimentação da câmera, proporcionando uma experiência imersiva. O início da pilotagem assemelha-se ao procedimento adotado para drones reais, com o usuário posicionado no solo e controlando o drone à distância. Uma funcionalidade adicional permite a pilotagem por meio da visão da câmera no drone, alcançada ao pegar um *tablet* presente na cena. Para pegar o *tablet* são usados os botões de agarrar do controle (*grab button*), e com a posse do *tablet*, o piloto consegue ver na tela a imagem da câmera do drone, permitindo uma operação eficiente mesmo sem a visão direta do drone.

O ambiente apresenta uma variedade de elementos visuais, conforme ilustrado nas Figuras 1 (a) e (b), proporcionando uma experiência visualmente rica e envolvente. As atividades propostas envolvem habilidades de coordenação motora e orientação espacial, com destaque para a necessidade de identificar a frente do drone para uma correta orientação dos comandos de movimento. Essa observação, baseada em experiências práticas com crianças, visa abordar desafios comuns encontrados durante a pilotagem real de drones. Após a familiarização com os controles, os usuários têm a oportunidade de se envolver em atividades práticas que visam aprimorar suas habilidades de pilotagem em um contexto lúdico e desafiador.

A segunda atividade consiste em um emocionante jogo de futebol de drones. O objetivo é empurrar a bola de futebol para dentro do gol, que é defendido por um astronauta posicionado como goleiro. Cada vez que a bola atravessa as traves, um gol é marcado e o placar, exibido acima do travessão, é atualizado, conforme ilustrado na Figura 1 (c).

Já na Figura 1 (d), é apresentado um desafiante circuito de argolas a ser seguido pelo piloto. Ao passar por uma argola verde, esta argola é desativada e a próxima argola se torna o novo alvo, ficando em verde. No entanto, ao chegar na última argola, uma surpresa aguarda o piloto: um canhão oculto, ativado por proximidade, e que dispara em direção ao drone. Essa adição ao ambiente desafia a velocidade de reação do piloto, que precisa desviar da bala do canhão para concluir o percurso com sucesso. Ao completar o circuito, uma plataforma de pouso se torna disponível ficando verde, ao pousar na plataforma é exibida uma mensagem de operação bem-sucedida no céu.

Na Figura 1 (e), é exibida uma cena da atividade de coleta de itens, representada por moedas (*coins*) que simbolizam microcredenciais de ensino. As moedas foram projetadas com um efeito giratório e um colisor que, quando ativado, destrói o elemento em cena. O número total de itens colecionáveis e aqueles já coletados são contabilizados e exibidos no céu do ambiente virtual. Na Figura 1 (f), a moeda destacada requer que o gerador eólico seja desativado para ser alcançada. Essa momento permite ao professor ou instrutor discutir sobre energias renováveis e contribuir com o ODS 7 da ONU. As

⁵<https://assetstore.unity.com/>

rajadas brancas visíveis na imagem representam uma zona de vento, o que implica em um consumo extra de bateria pelo drone, por exigir mais força do motor para acessar o item. Para conseguir desativar o botão que mantém o gerador ligado, é necessário utilizar o peso do drone de forma estratégica para movimentar a posição da tecla. A Figura 1 (g) ilustra o botão ativo, cuja desativação também requer precisão no controle para evitar derrubar as peças de dominó. Já na Figura 1 (h), o botão encontra-se desativado, com as peças do dominó derrubadas devido ao impacto e à ação da física que as faz cair as outras peças em sequência.

Por fim, a Figura 1 (i) mostra o *tablet* que permite ao piloto visualizar a imagem do drone na tela, possibilitando alcançar maiores distâncias ou obter melhores ângulos de visão. Para pilotar nesse modo, é necessário segurar o *tablet* com ambas as mãos. Além disso, é possível solicitar aos alunos que pousem em pontos específicos, semelhante às atividades realizadas em salas de aula, onde os professores solicitam que os estudantes pousem em locais designados. Com o ambiente funcional estabelecido, novas tarefas e objetivos podem ser facilmente adicionados para enriquecer a experiência de aprendizado.

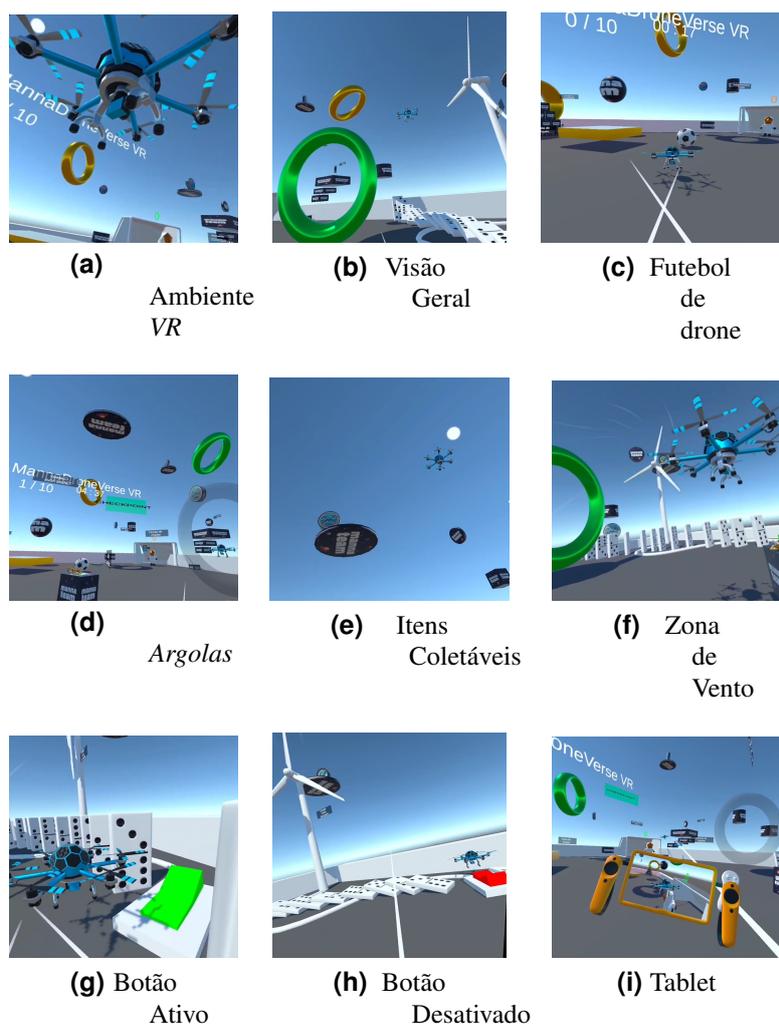


Figura 1. DroneVerse VR - Meta Quest 2

Foi documentada uma Sequência Didática (SD) que organiza metodologicamente

a execução dessas atividades, disponível nesse *link*⁶. A *SD* proposta visa alcançar objetivos pedagógicos específicos, alinhados com as diretrizes educacionais contemporâneas. Busca-se promover a compreensão dos princípios básicos da pilotagem de drones e a familiarização com a tecnologia de *VR* e o uso dos óculos. Posteriormente, os objetivos se expandem para incluir o desenvolvimento do pensamento computacional, abordando conceitos como algoritmos, sequenciamento de ações e resolução de problemas. Através de atividades progressivamente desafiadoras, os alunos são incentivados a aplicar o pensamento computacional na resolução de tarefas práticas, como navegar por obstáculos e completar missões específicas. Ao longo do processo, são cultivadas habilidades cognitivas, como a capacidade de análise, síntese e tomada de decisões, bem como habilidades sociais, como colaboração e comunicação, essenciais para o sucesso em ambientes educacionais e profissionais contemporâneos.

5. Discussão: Desafios e Considerações

O sistema auxilia os aprendizes a se familiarizarem com manobras de voo. Em um segundo momento, o objetivo é guiar o drone para sobrevoar obstáculos, acumular pontos e, por fim, alcançar o destino desejado. É importante estudar os requisitos para a necessidade de expandir a infraestrutura para o uso efetivo de drones e *VR* no processo educacional em diversos campos de estudo. São necessárias mais discussões e pesquisas sobre a duração do uso de *VR* e drones na educação dos alunos para evitar possíveis abusos da tecnologia e garantir eficiência suficiente no uso da tecnologia. O desenvolvimento da tecnologia de drones está levando ao uso de drones em diversos campos, incluindo a educação [Zhao e Wu 2022].

Pretende-se ainda utilizar o Modelo de Aceitação de Tecnologia (*Technology Acceptance Model*) [Magsamen-Conrad et al. 2022] para validar o *Metaverso MannaDroneVerse VR*. Este é o modelo mais amplamente utilizado e válido para prever e adotar várias tecnologias no processo educacional. Ele apresenta um nível de aceitação das tecnologias para uso no processo educacional e uma adaptabilidade ao uso das tecnologias, o que praticamente indica prontidão para o uso efetivo na educação.

Este trabalho apresentou a versão para uso em óculos, no caso específico, o *Meta Quest 2*, por proporcionar um ambiente imersivo mais realista e com maior senso de presença. Um fator que impressiona os usuários, especialmente aqueles que nunca experimentaram essa tecnologia. É possível visualizar detalhes do drone, pilotar como se fosse um drone real e experimentar um campo de visão muito imersivo e realista. Entretanto, este equipamento possui ainda um custo elevado para ser adquirido e exige um conhecimento avançado para a produção de conteúdos.

6. Resultados Preliminares e Análise

O *feedback* inicial recebido dos usuários que tiveram acesso ao *MannaDroneVerse*⁷, professores da residência oferecida pelo *Manna_Team* que utilizaram o ambiente, relataram uma experiência positiva. Eles destacaram a imersão e o realismo proporcionados pelo ambiente *VR*, bem como o potencial das atividades de ensino-aprendizagem disponíveis.

⁶SD: <https://encurtador.com.br/p6Y5E>

⁷<https://people.ufpr.br/~jefer/doutorado/metaverses/>

Paralelamente ao desenvolvimento da versão para os óculos *Meta Quest 2*, o *MannaDroneVerse* foi adaptado para diversas plataformas, incluindo *desktop* na plataforma *Microsoft Windows*, navegadores *Web* com tecnologia *WebGL*, e dispositivos móveis *Android*. Essas adaptações permitem um acesso mais amplo ao ambiente, facilitando sua utilização em diferentes contextos educacionais e atendendo a diversos perfis de usuários. Embora as versões para *desktop* e *mobile* ofereçam uma experiência acessível e funcional, proporcionando treinamento e educação na pilotagem de drones, a versão *VR* se destaca pelo realismo e imersão proporcionados. No entanto, o acesso à versão *VR* pode ser limitado devido à necessidade de equipamentos específicos, como os óculos de *VR*. Essas ferramentas são valiosas para integrar uma microcredencial de ensino e capacitação sobre o uso de drones.

Como uma análise preliminar, os *feedbacks* positivos dos usuários indicam que o *MannaDroneVerse* tem potencial como ferramenta eficaz no ensino de pilotagem de drones. Sua disponibilidade em diferentes plataformas aumenta sua acessibilidade e utilidade em diversos contextos educacionais. No entanto, a necessidade de equipamentos específicos para acessar a versão *VR* pode representar uma limitação em termos de implementação em escolas e instituições educacionais. Essa análise preliminar dos resultados sugere que o *MannaDroneVerse* tem o potencial de ser uma ferramenta valiosa no ensino de pilotagem de drones, mas são necessárias mais investigações para avaliar seu impacto completo e suas possíveis limitações.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

O desenvolvimento do ambiente imersivo gamificado para o aprendizado de pilotagem de drones por meio da *VR* com o uso dos óculos representa um avanço significativo na integração de tecnologias inovadoras na educação. Os resultados preliminares indicam uma recepção positiva dos usuários, demonstrando o potencial do *DroneVerse VR* como uma ferramenta eficaz para colaborar no processo de aprendizagem. Os drones e os óculos de *VR* como recursos tecnológicos possuem um potencial para ensinar habilidades interdisciplinares e auxiliar os alunos a adquirir habilidades versáteis e de comunicação, mantendo o interesse do aprendiz.

Para futuras pesquisas, é importante realizar estudos adicionais para avaliar o impacto do *DroneVerse VR* no aprendizado e na aquisição de habilidades. Além disso, explorar a integração de elementos de pensamento computacional e desenvolvimento de *soft skills* no treinamento de pilotagem de drones pode ser uma direção promissora.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA), da *Softex* Nacional, do Núcleo *Softex* Campinas (NSC) e do *Manna_Team*.

Referências

Administration, F. A. (2023). Federal aviation administration: Unmanned aircraft systems (uas). <https://www.faa.gov/uas>. Acessado em: 24 de março de 2024.

- Al Farsi, G., Yusof, A. b. M., Tawafak, R., Iqbal, S. M., Alsideiri, A., Mathew, R., e AlSinani, M. (2022). The general view of virtual reality technology in the education sector. In *International Joint Conference on Advances in Computational Intelligence*, pages 295–303. Springer.
- Albeaino, G., Eiris, R., Gheisari, M., e Issa, R. R. (2022). Dronesim: A vr-based flight training simulator for drone-mediated building inspections. *Construction Innovation*, 22(4):831–848.
- Bai, O., Chu, H., et al. (2021). Drones in education: A critical review. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(11):1722–1727.
- Benjy, M. e Thomas, J. (2022). Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. *Education and information technologies*, 27(1):1287–1305.
- Cardona-Reyes, H., Parra-González, E., Trujillo-Espinoza, C., e Villalba-Condori, K. (2024). Task design in virtual reality environments for drone pilot training. In *New Perspectives in Software Engineering*, pages 261–274. Springer.
- Cerro Velázquez, F. e Morales Méndez, G. (2018). Augmented reality and mobile devices: A binominal methodological resource for inclusive education (sdg 4). an example in secondary education. *Sustainability*, 10(10):3446.
- Cheng, J.-Y., Gheisari, M., e Jeelani, I. (2023). Using 360-degree virtual reality technology for training construction workers about safety challenges of drones. *Journal of computing in civil engineering*, 37(4):04023018.
- Chou, P.-N. (2018). Smart technology for sustainable curriculum: using drone to support young students' learning. *Sustainability*, 10(10):3819.
- Colás-Bravo, P. (2017). Ict in education and sustainable futures. https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/ICTESF. Acessado em: 24 de março de 2024.
- Deaconu, A., Dedu, E. M., Igrat, R. S., e Radu, C. (2018). The use of information and communications technology in vocational education and training—premise of sustainability. *Sustainability*, 10(5):1466.
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented reality and virtual reality in education. myth or reality? *International journal of emerging technologies in learning*, 14(3).
- Espinola, J., Ignacio, J. E. D., Lacaden, J. P. L., Toribio, C. B. D., e Chua, A. Y. (2019). Virtual simulations for drone education of senior high school students. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6):220–226.
- Gaitán, V. (2013). Gamificación: el aprendizaje divertido. *Recuperado el*, 15.
- Gu, C., Sun, J., Chen, T., Miao, W., Yang, Y., Lin, S., e Chen, J. (2022). Examining the influence of using first-person view drones as auxiliary devices in matte painting courses on college students' continuous learning intention. *Journal of Intelligence*, 10(3).
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., e Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative

- learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1):1–32.
- Kang, H., Yang, J., Ko, B.-S., Kim, B.-S., Song, O.-Y., e Choi, S.-M. (2023). Integrated augmented and virtual reality technologies for realistic fire drill training. *IEEE computer graphics and applications*.
- Kasperuniene, J. e Faiella, F. (2023). Bibliometric analysis of virtual reality in school and university contexts. In *World Conference on Qualitative Research*, pages 72–92. Springer.
- Kuang, Y., Yang, S., e Jiang, J. (2022). The research on the challenges confronted by the combination of virtual reality technology and educational games. In *International Conference on Computer Science and Education*, pages 29–41. Springer.
- Kyaw, B. M., Saxena, N., Posadzki, P., Vseteckova, J., Nikolaou, C. K., George, P. P., Divakar, U., Masiello, I., Kononowicz, A. A., Zary, N., et al. (2019). Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *Journal of medical Internet research*, 21(1):e12959.
- Liu, H., Bi, Z., Dai, J., Yu, Y., e Shi, Y. (2018). Uav simulation flight training system. In *2018 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*, pages 150–151.
- Lombard, M., Ditton, T. B., e Weinstein, L. (2009). Measuring presence: the temple presence inventory. In *Proceedings of the 12th annual international workshop on presence*, pages 1–15.
- Lu, J., Dawod, A. Y., e Ying, F. (2023). From traditional to digital: The impact of drones and virtual reality technologies on educational models in the post-epidemic era. *Sustainable Engineering and Innovation*, 5(2):261–280.
- Magsamen-Conrad, K., Verhoff, C. B., e Dillon, J. M. (2022). Technology acceptance models. *The International Encyclopedia of Health Communication*, pages 1–8.
- Makransky, G. e Mayer, R. E. (2022). Benefits of taking a virtual field trip in immersive virtual reality: Evidence for the immersion principle in multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 34(3):1771–1798.
- Makransky, G. e Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (camil): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3):937–958.
- ONU (1992). Agenda 21. <http://www.un-documents.net/a21-36.htm>. Acessado em: 24 de março de 2024.
- ONU (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf>. Acessado em: 24 de março de 2024.
- Palaiogeorgiou, G., Malandrakis, G., e Tsolopani, C. (2017). Learning with drones: flying windows for classroom virtual field trips. In *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 338–342. IEEE.
- Phang, F. A., Puspanathan, J., Nawi, N. D., Zulkifli, N. A., Zulkapri, I., Harun, F. K. C., Khang, A. W. Y., Alsayaydeh, J. A. J., e Sek, T. K. (2021). Integrating

- drone technology in service learning for engineering students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(15):78–90.
- Postal, G. R., Pavan, W., e Rieder, R. (2016). A virtual environment for drone pilot training using vr devices. In *2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, pages 183–187.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. MIT press.
- Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., e Folgado-Fernández, J. A. (2023). Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28(1):155–192.
- Sattar, F., Tamatea, L., e Nawaz, M. (2017). Droning the pedagogy: Future prospect of teaching and learning. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 11(6):1650–1655.
- Schlemmer, E. e Di Felice, M. (2020). A qualidade ecológica das interações em plataformas digitais na educação. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 19(2):207–222.
- Sivenas, T. e Koutromanos, G. (2021). Using mobile applications to interact with drones: A teachers' perception study. In Auer, M. E. e Tsiatsos, T., editors, *New Realities, Mobile Systems and Applications - Proceedings of the 14th IMCL Conference, Virtual Event / Thessaloniki, Greece, 4-5 November 2021*, volume 411 of *Lecture Notes in Networks and Systems*, pages 657–668. Springer.
- Sivenas, T. e Koutromanos, G. (2022). Exploring the affordances of drones from an educational perspective. In *2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 90–94. IEEE.
- Sivenas, T., Koutromanos, G., e Mikropoulos, T. A. (2022). Using first-person view drones through head-mounted displays: Are they suitable for education? In *8th International Conference of the Immersive Learning Research Network, iLRN 2022, Vienna, Austria, May 30 - June 4, 2022*, pages 1–7. IEEE.
- Trujillo-Espinoza, C., Cardona-Reyes, H., Guzman-Mendoza, J. E., Villalba-Condori, K. O., e Arias-Chávez, D. (2021). Training of drone pilots for children with virtual reality environments under gamification approach. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 471–478. Springer.
- UNESCO (2017). Unesco education for sustainable development goals. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252197>. Acessado em: 24 de março de 2024.
- Zadorozhniuk, R. (2023). Uav data collection parameters impact on accuracy of scots pine stand mensuration. *Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*, 14(1).
- Zhao, Z. e Wu, W. (2022). The effect of virtual reality technology in cross-cultural teaching and training of drones. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 137–147. Springer.