LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

# MANUTENÇÃO E INSTRUÇÕES DE MONTAGENS DE SISTEMAS EM REALIDADE VIRTUAL[1]

https://doi.org/10.56238/levv15n43-120

**Data de submissão:** 24/11/2024 **Data de publicação:** 24/12/2024

**Miguel Beteta Lara**
Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Victor Inacio de Oliveira**
Universidade Presbiteriana Mackenzie/Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Rogerio Issamu Yamamoto**
Universidade Presbiteriana Mackenzie/Faculdade Engenheiro Salvador

**Marcones Cleber Brito da Silva**
Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Anderson Alves de Oliveira**
Faculdade Engenheiro Salvador Arena

**Ricardo Janes**
Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Peterson Carlos Pirola**
Faculdade Engenheiro Salvador Arena

## RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo criar um ambiente integrado em realidade virtual para simulação de processos de manutenção, prototipação e montagem de conjuntos personalizados de automação industrial. Para isto, foi desenvolvida uma aplicação utilizando o software UNITY. O modelo foi testado e simulado para diversos tipos de montagens, utilizando elementos como cilindros pneumáticos, unidades de tratamento de ar comprimido e válvulas de automação de processo. Os resultados mostram que é possível criar uma nova maneira de ensinar operários e estudantes a se adequar a estes maquinários e equipamentos, concluindo uma maneira de otimizar futuramente processos de aprendizagem e instrução para facilitar a manutenção para componentes de uma empresa e didática de novos integrantes no mundo da automação industrial, além de contribuir com o avanço da tecnologia e desenvolvimento da indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual. Indústria 4.0. Automação Industrial.

[1] Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Elétrica, EE, UPM, São Paulo, 2024.

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto global atual, diversas empresas necessitam realizar um crescimento competitivo para continuar se destacando no mercado, em que muitas vezes, este avanço envolve o uso de novas tecnologias para melhorias de processo e qualificação de funcionários. Para Netto *et al* (1998, p 104), seria necessário a substituição de equipamentos obsoletos e de baixa produtividade por outros mais modernos e produtivos, com reestruturação de *layouts* de fábricas e fluxo de transporte existente.

No avanço da história, diversos artistas e autores de obras características procuraram maneiras de retratar o mundo e a realidade conforme seus próprios sentidos, mas só obtiveram um grande avanço com a utilização da perspectiva em 3D, onde foi possível criar uma progressão à novas noções espaciais e de movimento (LAVALLE, 2023).

A forma da indústria moderna, denominada Indústria 4.0, tem como maior objetivo manter a relação homem-máquina presente no processo, ao ponto de que seja possível continuar o desenvolvimento exponencial com tecnologia e concepções do entendimento humano para facilitação de processos gerais e incorporando a perspectiva realista no processo.

Segundo Braga (2001, p5), a área da educação é o setor onde há maior foco na introdução de novas tecnologias, em que pode ser vista como um processo de descoberta, exploração e observação. As experiências múltiplas poderão facilitar aos usuários uma nova aprendizagem mais vantajosa e expansiva, permitindo que métodos tradicionais possam ser modificados e melhorados conforme o avanço dos estudos. Sendo assim, seria possível incorporar os estudos com esta nova revolução de melhorias industriais, permitindo um grande avanço em ambas as áreas com uma correlação que pode facilitar ainda mais o crescimento de novas tecnologias no mercado de indústrias que desejam ter um aumento expansivo na sua competitividade.

Conforme Casas (1996), as pesquisas na construção de ambientes inteligentes de educação estão em andamento por volta de quase três décadas em que o foco principal é a individualização ou adaptabilidade do usuário no envolvimento de sistemas interativos. A operação de qualquer maquinário ou conjunto exige preparo de um treinamento do operador, porém muitas vezes, não é possível realizar este tal treinamento por fatores diversos como custos, falta de praticidade e espaço, risco de segurança e entre outros (BUCIOLLI, 2006). Os sistemas de realidade virtual fornecem uma reação constante e coerente aos movimentos dos usuários, tornando uma experiência consistente fazendo com que seja possível aproveitar uma sensação de presença no mundo virtual (BOTEGA, 2009).

O trabalho desenvolvido é do tipo modelagem e simulação.

O objetivo é realizar o desenvolvimento de um ambiente integrado em realidade virtual com simulação de objetos em 3D a fim de utilizar esta tecnologia para ensinar e melhorar processos industriais, ao ponto de ensinar funcionários e instruir estudantes o manuseio e montagem de conjuntos utilizados em processos de automação industrial.

O produto esperado é um ambiente 3D, com seis graus de liberdade, capaz de simular instruções de montagens e interação com componentes, criado pelo software UNITY, com fundamentalidade no desenvolvimento do avanço competitivo das empresas, bem como o progresso na área de tecnologia visando o futuro da indústria da automação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O grande desafio é criar uma simulação constante de máquinas e conjuntos industriais devido a implementação no campo de simulações e animações, com sincronização de estágios, porém facilita o entendimento do uso dos aparelhos pela observação de diversos ângulos do processo de uma máquina real, incluindo aqueles de difícil acesso ou quase inacessíveis (BUCIOLLI, 2006).

As simulações em realidade virtual fazem parte de um novo contexto que caracteriza esta revolução para mudar e transformar a indústria a partir da digitalização, abrindo portas para a entrada de novas tecnologias difundidas neste tipo de inovação.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um ambiente que permita a interação com objetos em 3D e possibilite as diversas aplicações personalizadas com montagens geradas pela integração da realidade virtual.

### 2.1 FUNCIONAMENTO DE DISPOSITIVOS EM REALIDADE VIRTUAL

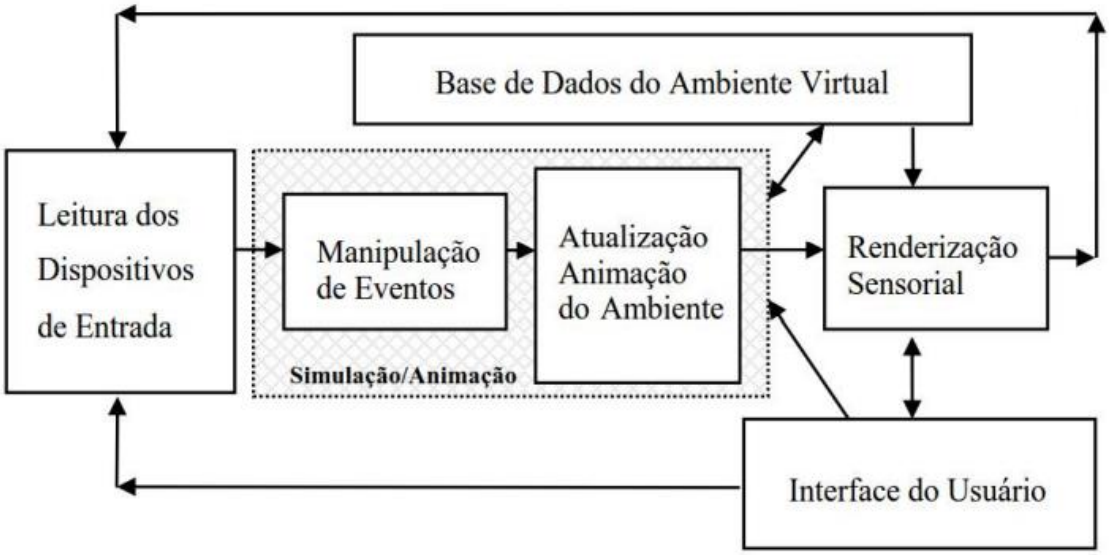
A Realidade Virtual (RV) pode ser descrita como uma interface avançada de interação usuário-computador, pois utiliza diferentes realizações de dispositivos e periféricos com ações multissensoriais com semelhança estética do meio real e físico (BORBA, 2021, p.754). Esta tecnologia é capaz de transportar o usuário para o ambiente da simulação, permitindo com que este possa interagir e se sentir totalmente imerso em um mundo virtual, capaz de sentir reações e realizar interações com objetos (KIRNER, 2011).

Esta nova tecnologia é capaz de introduzir ao usuário diversas informações por um processador que é capaz de computadorizar dados para que haja uma simulação de um ambiente capaz de permitir a interação do usuário com o que está visualizando. Para isto, é utilizado um recurso capaz de criar uma ilusão maior de profundidade, fazendo com que o usuário sinta esta percepção a partir do seu próprio cérebro pelos próprios sentidos em um ambiente totalmente recriado a partir de modelagem computacional, o que difere da Realidade Aumentada (RA), que utiliza o meio real para criar esta perspectiva.

Neste ambiente virtual, é possível fazer com que haja capacidade das pessoas terem acepções ampliadas de intensidade, possibilitando ver, ouvir, sentir, acionar e viajar em um espaço com maiores ou menores percepções de profundidade, observando ocorrências e fenômenos diversos (TORI *et al.*, 2006, p.10). Com isso, dados são lidos pelos sensores que realizam a manipulação de eventos e criam

uma base para que possam renderizar e simular o ambiente desejado, a partir da interface entre usuário e máquina. A Figura 1 apresenta como seria o diagrama para este ciclo de entrada e saída de dados do dispositivo.

Figura 1 – Diagrama da arquitetura do sistema




Fonte: (Tori, Hounsell e Kirner 2018).

## 2.2 INDÚSTRIA 4.0 E NOVAS TECNOLOGIAS

Segundo Santos (2018, p.2), "a Indústria 4.0 é um dos termos utilizados para descrever a estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão que está sendo implementada pela indústria". A introdução de novas tecnologias da Internet na indústria pode ser vista como a grande base tecnológica para a Indústria 4.0 (PEREIRA; SIMONETTO, 2018, p.2). Este novo modelo industrial permite que novas formas de produção sejam adequadas para que no futuro seja possível manter uma relação homem-máquina presente em todo o sistema, ao ponto de podermos otimizar os processos e melhorar o desempenho geral.

Para Coelho (2016, p.18),

> O impacto da indústria 4.0 vai além da simples digitalização, passando por forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas a repensarem a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, com pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição.

As inovações que serão adotadas neste novo tipo de revolução demonstram o quanto é importante para que possamos ter uma evolução significativa no mercado, devido às diversas melhorias presentes no escopo deste novo modelo. Segundo Klaus Schwab (2017, p.3), existem três motivos para que esta nova revolução irá se firmar: Velocidade (com um resultado exponencial múltiplo devido a interconexão mundial por novas tecnologias capazes de realizar este tipo de característica), amplitude

e profundidade (resultados além da indústria, prevendo melhorias na economia, sociedade e negócios) e sistemas de impacto (transformar as relações entre sistemas, empresas e países num todo).

A indústria 4.0, portanto, é um grande conjunto de novas tecnologias em crescimento para aplicações no ambiente social de trabalho e produção. Dentre estas tecnologias, pode-se obter exemplos como realidade virtual, realidade aumentada, inteligência artificial, nanotecnologia, Internet das Coisas[2], veículos automatizados, impressões 3D e entre outras. A combinação destas tecnologias tem potencial para habilitar as chamadas *Smart Factories* [3](JUNIOR; SALTORATO, 2018, p.4).

Segundo Hozdić (2015, p. 4), uma indústria inteligente é uma solução industrial que providencia produção flexível e adaptável que resolve problemas com velocidade rápida e dinâmica para mudar as condições complexas do mundo. Para alcançar este patamar, a globalização nos permite criar oportunidades e melhorias a partir do avanço tecnológico e assim, introduzir novos métodos de pesquisa e desenvolvimento na indústria moderna.

Os ambientes colaborativos de realidade virtual e aumentada, abrem novas possibilidades para a colaboração em grupo (PRESTES; CLETO, 2019, p. 6). A indústria 4.0 se beneficia da exploração destes ambientes para que seja possível coletar dados e incentivar práticas industriais de forma remota e interativa.

## 2.3 REALIDADE VIRTUAL NA ÁREA DE TREINAMENTOS

Para LaValle (2023, p. 13), uma experiência em primeira pessoa pode revolucionar diversas áreas de conhecimento, incluindo engenharia, matemática e ciências no geral. A realidade virtual oferece uma solução para conceitos de dimensões geométricas e interpretação de dados mais complexos, a fim de poder desenvolver naturalmente um aprendizado a partir do uso desta tecnologia. Nesse sentido, percebe-se a importância de uma necessidade do vínculo de setores de desenvolvimento de tecnologias com a área de educação (PEDROSA; ZAPALLA-GUIMARÃES, 2019).

A Realidade Virtual será um grande avanço para a forma de aprendizado de novos estudantes ou para ocasiões diferentes, como operadores de fábricas, porém, o processo pode ser um pouco mais lento do que o comum devido a insegurança da utilização destes novos equipamentos. Segundo Borges *et al* (2019), “apenas 18% das empresas em indústrias de alto desempenho estão prontas para agir, de acordo com pesquisas, enquanto 29% não estão totalmente preparadas e 30% estão apenas um pouco preparadas”. A grande questão é evidenciar os benefícios de acordo com a entrada da simulação de ambientes no mercado e em outros setores.

A área de treinamentos será a mais beneficiada devido ao grande proveito da utilização de uma tecnologia imersiva com a capacidade de aprimoramento contínuo de processos. Dentro desta área,

[2] Termo que retrata a interconexão digital de objetos com a internet, possibilitando a coleta de dados.
[3] Indústrias que possuem tarefas interconectadas entre empregados e máquinas com coleta de dados e digitalização.

destaca-se não apenas o ensinamento para uso didático, mas também o procedimento de integração de melhoria de funcionalidades, como na área da saúde.

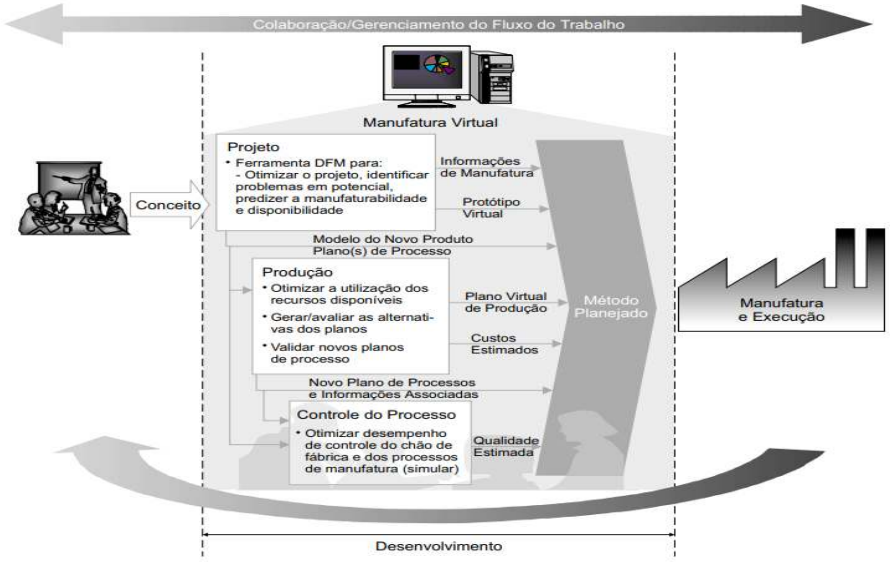
Lopes, Myskiw, Bós, Oliveira, Perpétuo e Souza (2021) realizaram um estudo com idosos de diferentes idades para utilizar jogos em Realidade Virtual Não Imersiva (VRNI), como treinamento de estímulo de funcionalidades, evidenciando em seus estudos que é possível utilizar esta tecnologia como opção de intervenção física segura, principalmente em tarefas como testes de Força de Pressão Palmar (FPP), que aumentou significativamente uma diferença de 21,1 ± 12,60 kg para 23,8 ± 13,51 kg. O mesmo uso desta tecnologia, permitiu que pessoas com doença de Parkinson pudessem ser treinadas em simulações virtuais. Dentre os vários métodos de reabilitação motora, a Realidade Virtual pode favorecer o uso do aprimoramento do treino motor, criando benefícios principais ao aprendizado por via do treinamento adequado (SILVA *et al.*, 2019).

## 2.4 REALIDADE VIRTUAL NA ÁREA INDUSTRIAL

Entende-se como Manufatura Virtual, para Porto, Souza, Revelli e Batocchio (2002, p.2), uma diversidade de processos e sistemas industriais, definida como uma modelagem de sistemas e componentes por computadores, dispositivos audiovisuais e sensores para simulação de projetos ou ambientes a fim de prevenção de problemas e ineficiências reais. Este conceito existe desde 2002 e tem sido papel fundamental para providenciar uma abertura para o uso das tecnologias na indústria.

É perceptível que muito se assemelha ao uso da Realidade Virtual, visto que integra em sua concepção, a ideia da criação de um ambiente próprio para simulação e para verificação de processos capazes de melhorar ou beneficiar os procedimentos atuais. Na Figura 2, tem-se um exemplo de como a manufatura virtual funcionaria ao integrar processos computacionais e novas tecnologias no mercado a fim de melhorar os processos industriais.

Figura 2 – Ambiente de Manufatura Virtual




Fonte: (Porto, Souza, Ravelli, Batocchio (2002) com base no estudo de Porto e Palma)

Para Netto, Machado e Oliveira (2002, p.26), a ambientação virtual pode ser aplicada em prototipagem, o que facilita o ciclo de desenvolvimento de produtos. Como a Realidade Virtual garante o uso de seis graus de liberdade, é possível que o operador ou o usuário tenha melhor controle de processo ao verificar o protótipo de itens ou montagens conforme a integração no ambiente simulado.

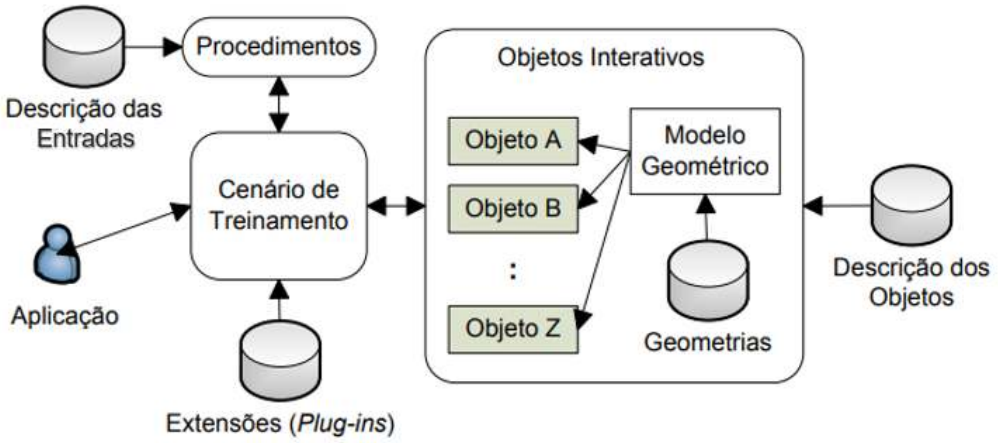
No campo da ergonomia[4], a Realidade Virtual pode ser um acréscimo para implementação de processos industriais com suporte à avaliação da postura do operador no campo de trabalho, permitindo a rapidez e otimização instantânea em uma estação simulada (WATANABE; CAPATAN; SIERRA, 2023). A introdução de ambientes virtuais pode ser proveitosa para que os usuários possam aderir a uma melhora na forma do comportamento durante a operação, graças a simulação deste mesmo sistema.

Portanto, a efetividade no uso da Realidade Virtual pode ser proveitosa para que diversas áreas que requerem didáticas e industriais possam ser beneficiadas com o uso da nova tecnologia, ao ponto de desenvolver um novo método educacional de treinamentos didáticos e imersivos.

## 3 METODOLOGIA

Criou-se neste projeto um ambiente para aprendizado de manutenção e instruções de montagem de sistemas em realidade virtual. Para isso, os eixos de metodologia foram divididos entre a utilização de software para criação do ambiente, desenvolvimento de *assets* para adequação da ambientação e aplicação em hardwares de realidade virtual, sendo estes decompostos em três etapas: cenário de treinamento, objetos interativos e aplicação. A figura 3 apresenta uma visão geral do funcionamento do sistema a partir de um fluxograma gráfico da aplicação do cenário.

Figura 3 - Visão geral da arquitetura




Fonte: (Belloc, 2011)

[4] Ciência que visa o entendimento do trabalho colaborativo entre máquinas e seres humanos.

A primeira fase do projeto corresponde ao desenvolvimento da ambientação e configuração do cenário em realidade virtual para o treinamento. Nesta etapa, foram aplicados, conforme a figura 3, realizado o desenvolvimento de um pequeno protótipo de videogame em ambientação 3D, com aplicação para configuração do software a fim de ajustar os parâmetros específicos para uso da realidade virtual. O jogo foi feito utilizando os arquivos .DXF e .FBX importados para o UNITY 3D (CUPERSCHMID; RUSCHEL, 2013) a fim de buscar arquivos e modelos de acesso gratuito e rápido. Estes arquivos foram obtidos através do próprio site de modelos da UNITY, denominada *Unity Assets Store*.

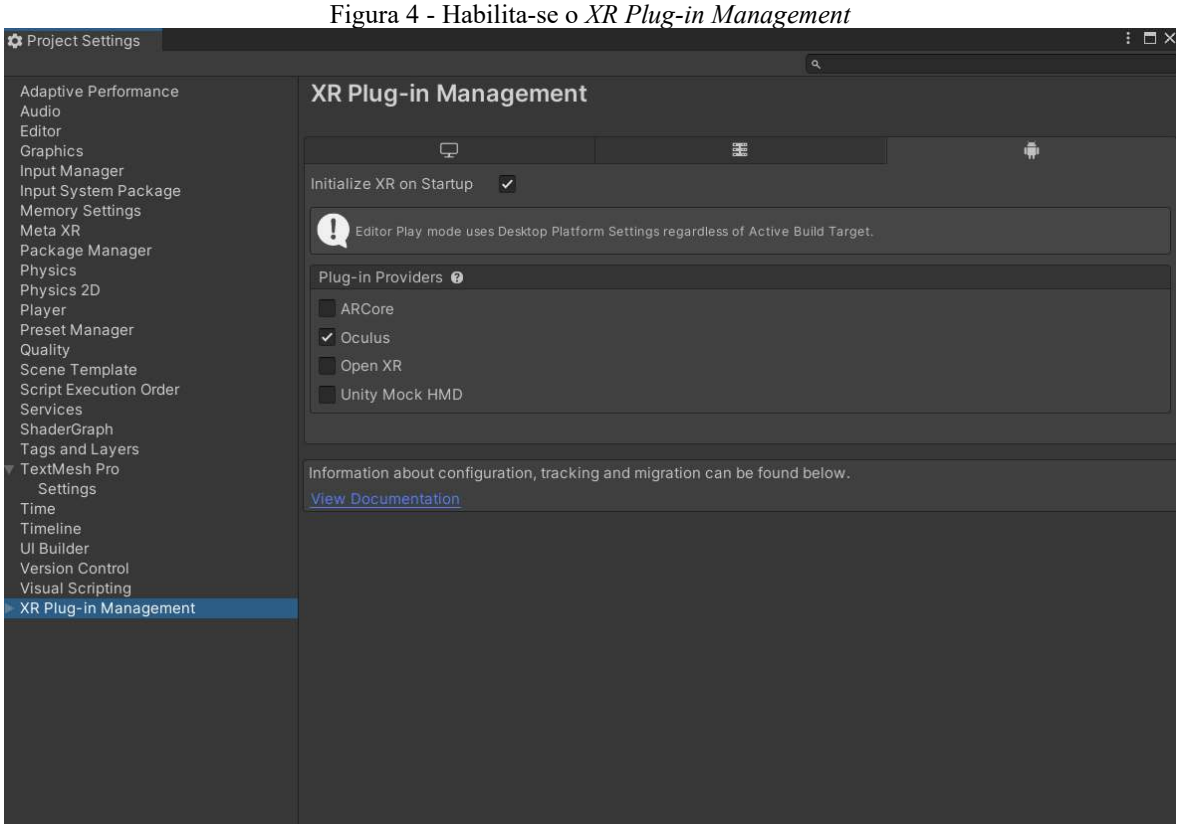
Nesta loja, foi possível realizar o download de *assets*, como texturas, modelos e projetos para facilitar o procedimento e desenvolvimento de projetos na plataforma. A engine[5] do UNITY permite que estes recursos sejam adicionados facilmente e possam ser transformados para uma ambientação em 3D. Nesse modelo, um objeto de jogo é especificado através da composição de várias funcionalidades, que são agregadas (ou removidas) (PASSOS *et al.,* 2009, p. 9).

As componentes do jogo ou da aplicação foram inseridas em um objeto que armazena as informações. Um *Game Object*[6] é capaz de guardar os dados de um cenário, podendo ser no formato de um objeto de cena, textura, script ou a configuração de câmera do usuário. A utilização destes *Game Objects* são essenciais para que as componentes visuais do ambiente possam ser desenvolvidas. Estes objetos são todos armazenados em cenas que juntas compõem a estrutura do ambiente.

Dentro da UNITY, criou-se um projeto na versão 2022.3.36f1 com o modelo em Realidade Virtual básico, que já permite testar alguns assets prontos deste molde de testes. Para que se possa realizar o teste da aplicação dos objetos em realidade virtual, primeiramente foi necessário habilitar os módulos de realidade virtual dentro do ambiente de criação da UNITY. Conforme a figura 4 abaixo, habilitou-se o *XR Plug-in Management* que permitiu o uso de opções em realidade virtual para aparelhos como computadores e sistemas *Android*. Esta opção está presente dentro da aba de edição e visível em configurações do projeto com plugins para diversas plataformas.

[5] Motor que roda um jogo ou software
[6] Objeto de um jogo desenvolvido no Unity que pode armazenar informações

Figura 4 - Habilita-se o *XR Plug-in Management*

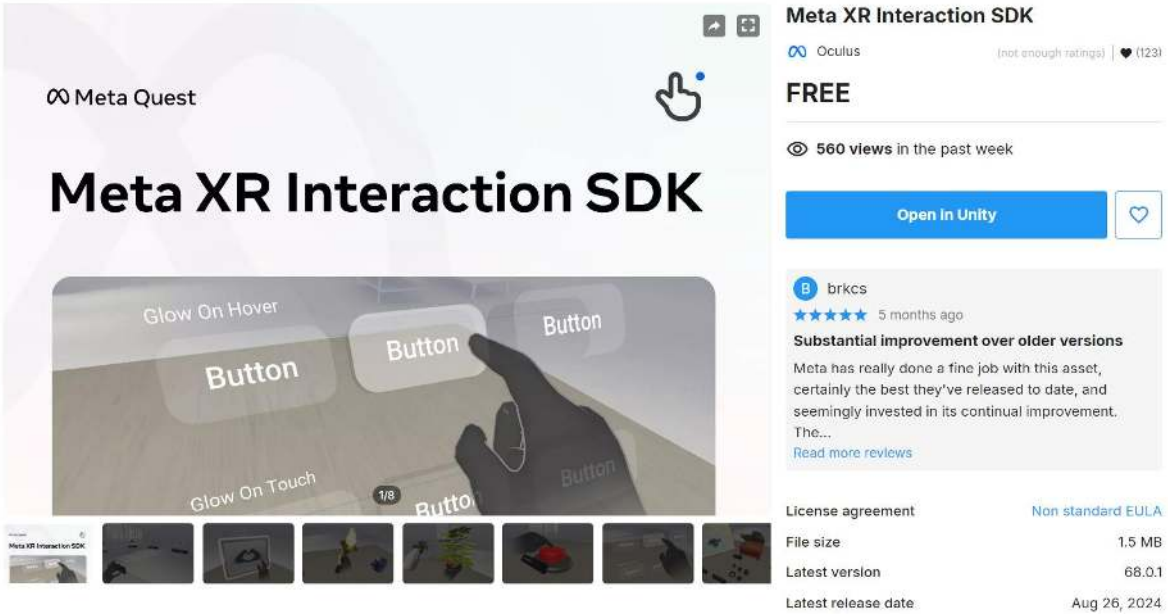



Fonte: (UNITY, 2024)

O UNITY também permite que seja possível baixar pacotes para que os projetos desenvolvidos sejam feitos de maneira mais fácil, como representado na figura 5. Estes arquivos denominados *Unity Packages* podem ser encontrados tanto na loja virtual, quanto no próprio ambiente de desenvolvimento, permitindo a importação para dentro da aplicação. Para o projeto, foi utilizado o *Meta XR Interaction SDK,* que possibilita uma facilidade maior para configurar a câmera e as mãos que interagem com objetos de dentro do projeto e instalar em seu ambiente de desenvolvimento. Este pacote facilita o desenvolvimento de interação com objetos em realidade virtual com possibilidade de interagir com componentes em tamanho real sem necessidade de criar *scripts*[7] novos ou não desenvolvidos.

[7] Sequências de códigos de programação capazes de automatizar ou permitir uma ação/tarefa

Figura 5 - Página de download do *Meta XR Interaction SDK*




Fonte: (Unity Asset Store, 2024)

Após isso, basta inserir os elementos desejados ou começar o projeto a partir de um ambiente pré fabricado de itens e *scripts*. O próprio kit já contém uma configuração de *driver* com posicionamento de câmera que facilita na movimentação da cabeça do usuário, além de conter a mesma configuração para o monitoramento das mãos que podem ser utilizadas com ou sem os controles para interação com os objetos. Botões também foram criados para melhorar a interação conforme o tipo de simulação.

Para que tudo isto esteja configurado, é necessário ter os pacotes de SDK (*Software Development Kit*) e JDK (*Java Development Kit*) atualizados nas versões condizentes ao hardware que será utilizado. O primeiro se trata de uma coleção de ferramentas que desenvolvem aplicativos para *Android* e IOS com APIs[8] que permitem este desenvolvimento, enquanto o segundo possui ferramentas do mesmo tipo, porém sendo um kit de programação para JAVA, necessário para compilar os códigos.

No segundo estágio, os objetos e componentes foram inseridos dentro do projeto e alterados para que fosse possível interagir conforme os comandos dos *scripts*. Ressalta-se que dentro deste procedimento, todas as geometrias e descrições dos *Game Objects* serão utilizados para que haja uma adaptabilidade para o uso da realidade virtual neste jogo desenvolvido como protótipo. A modelagem 3D é extremamente importante, pois é ela que passará ao usuário a primeira impressão ao jogador (DOS SANTOS; CARUSO, 2011).

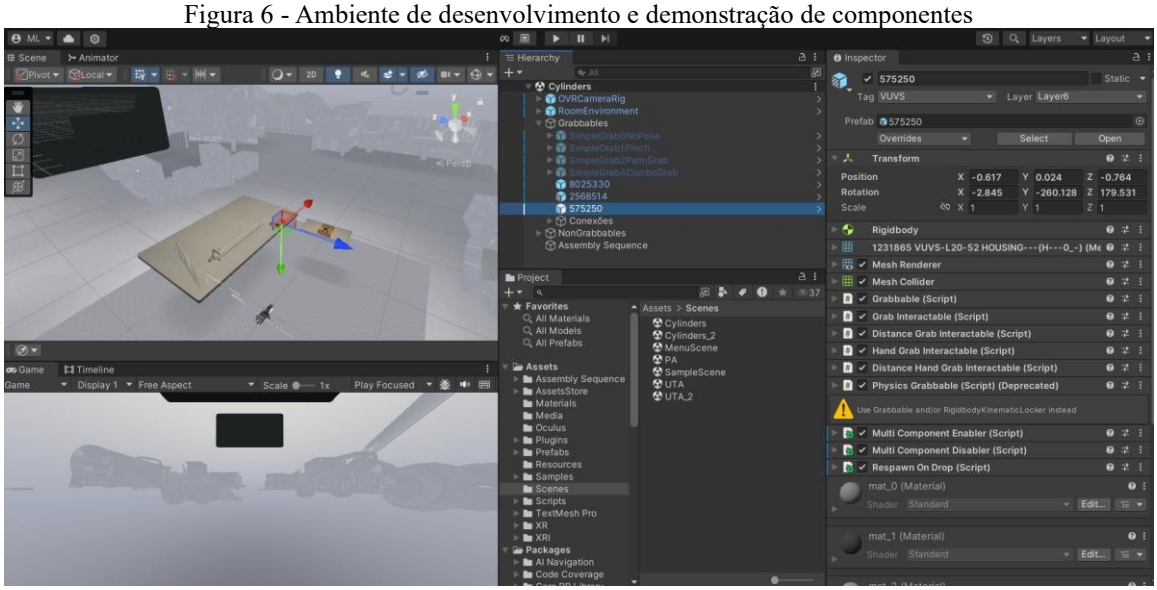
No projeto foram utilizados três softwares gratuitos que permitiram melhorar a adequação dos objetos 3D dentro do ambiente em realidade virtual. O *Quick Search Plus* permite realizar o *download* de arquivos de formato *step* dos componentes da empresa de automação industrial FESTO que serão

[8] Interface de Programação de Aplicativos

utilizados para simulação das montagens dos conjuntos. Foi necessário digitar o código dos itens desejados e abrir a opção *CAD* para acessar a visualização tridimensional dos objetos. Após isso, na aba exportação foi possível selecionar o formato do arquivo para baixar. Este modelo foi repassado para o software *Free Cad* que possibilitou reintegrar o documento em *step* para o formato *gltf*, melhorando sua qualidade em 3D e permitindo realizar as últimas modelagens no software *Blender*, capaz de modelar e animar estes arquivos e prepará-los para serem importados ao Unity. Além disso, foi considerado o uso do gravador do *Meta Quest 2* para desenvolver vídeos para serem colocados ao fundo a fim de ensinar o usuário a realizar as montagens dos conjuntos. Com o aplicativo de edição gratuito *Capcut*, foi possível editar os vídeos e inseri-los no ambiente de forma com que seja conciso de visualizar a montagem. Também foi considerada uma imagem do conjunto montado disponibilizada ao usuário.

Com os modelos preparados e importados, bastou-se integrá-los ao ambiente. Cada um foi alterado, dentro da Unity, com "componentes" do SDK da META que dão as características visuais e físicas, além de  permitir a interação com o usuário como mostrado na figura 6. Na imagem, tem-se selecionado o modelo da válvula solenoide VUVS-L20-M52-MD-G18-F7 de código numérico 575250 com componentes de colisão, interação com as mãos e controle do usuário, física 3D e *scripts* de habilitar e desabilitar os mesmos elementos atribuídos ao objeto.

Figura 6 - Ambiente de desenvolvimento e demonstração de componentes




Fonte: (Unity, 2024)

Para o último estágio, o projeto será adequado para os hardwares e dispositivos que realizam a simulação em realidade virtual. Este processo será feito após a implementação dos testes, podendo ser repetido diversas vezes conforme o avanço e desenvolvimento do software para o projeto. Ao finalizar a inserção dos objetos e dos *scripts* programados, foi necessário importar o software para o aparelho

desejado, criando-se uma *build*[9] e implementando no hardware conforme a especificação. Para isto, o *Gradle*[10] foi utilizado para criar e gerenciar os projetos conforme as configurações do SDK e JDK. Por ser uma ferramenta de compilação e gerenciamento de dependências, os arquivos foram gerados ao compilar os projetos para a plataforma escolhida.

A todo o momento aplicações novas surgem, devido à demanda e capacidade criativa das pessoas através da RV a interação homem-máquina mudou (RODRIGUES; PORTO, 2013). Conforme o avanço da tecnologia, a realidade virtual vem sendo encaixada em maior quantidade de plataformas, desde celulares até dispositivos próprios.

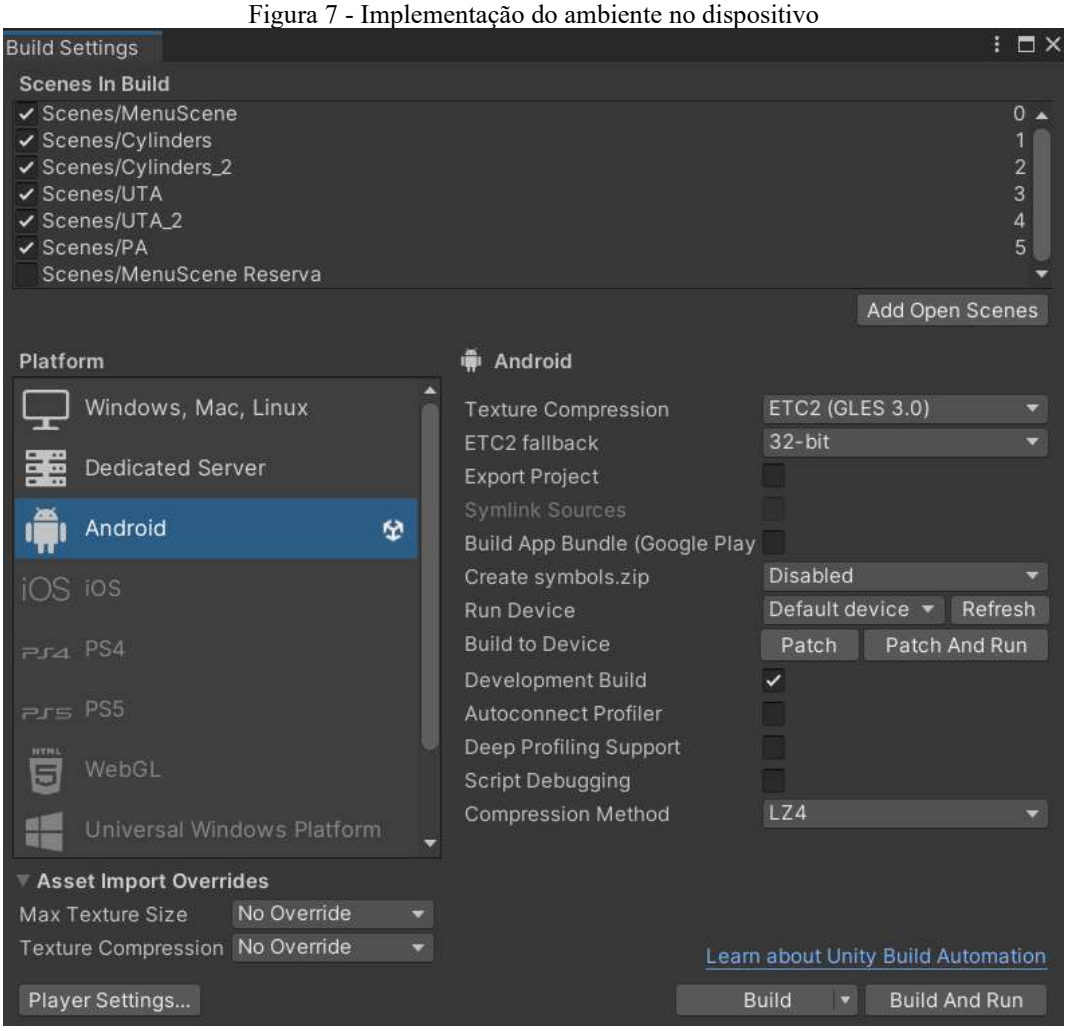
No projeto será utilizado o dispositivo *Meta Quest 2*, sendo o *headset* de realidade virtual mais recente que domina o mercado de dispositivos de realidade virtual desde 2022. Segundo Raymer *et al* (2023), o aparelho contém um processador Qualcomm Snapdragon XR2 e um painel LCD com resolução por olho de 1832 x 1920, com uma taxa de atualização de quadros de 120Hz, juntamente com um sistema operacional baseado no *Android* 10, com 128 ou 256 GB de memória interna.

Para a modelagem do ambiente em 3D, o *Meta Quest 2* será um dispositivo muito útil devido a sua facilidade em projetar os quadros do software em tempo real, com um avanço realista muito grande. O dispositivo será uma grande chave no avanço do projeto, possibilitando aos usuários que poderão testar o equipamento com o ambiente integrado que tenham uma experiência imersiva e profunda de manutenção de equipamentos e montagens de conjuntos. Para que possamos utilizar o aparelho, é necessário ativar no aplicativo da *Meta Quest* o modo de desenvolvedor, presente no menu e na opção de dispositivos, encontrando o aparelho localizado e habilitando esta opção.

Para a implementação no dispositivo, é necessário ir na aba *File* e selecionar a opção *Build Project*. Após isso, deve ser selecionada a opção de *Android* e trocar a plataforma para esta escolhida. Dentro desta opção, foi essencial escolher as cenas que irão compor o ambiente para que todas fossem importadas para os óculos de realidade virtual. Toda essa configuração é possível de visualizar na figura 7. Com os ajustes, será conectado o *Meta Quest 2* no computador a partir de um cabo USB e assim gerar a *build* para o dispositivo. Após o carregamento, foi possível visualizar o ambiente dentro do aparelho, possibilitando diversas interações com objetos.

[9] Conversão do projeto em software
[10] Ferramenta utilizada para conversão de projetos

Figura 7 - Implementação do ambiente no dispositivo

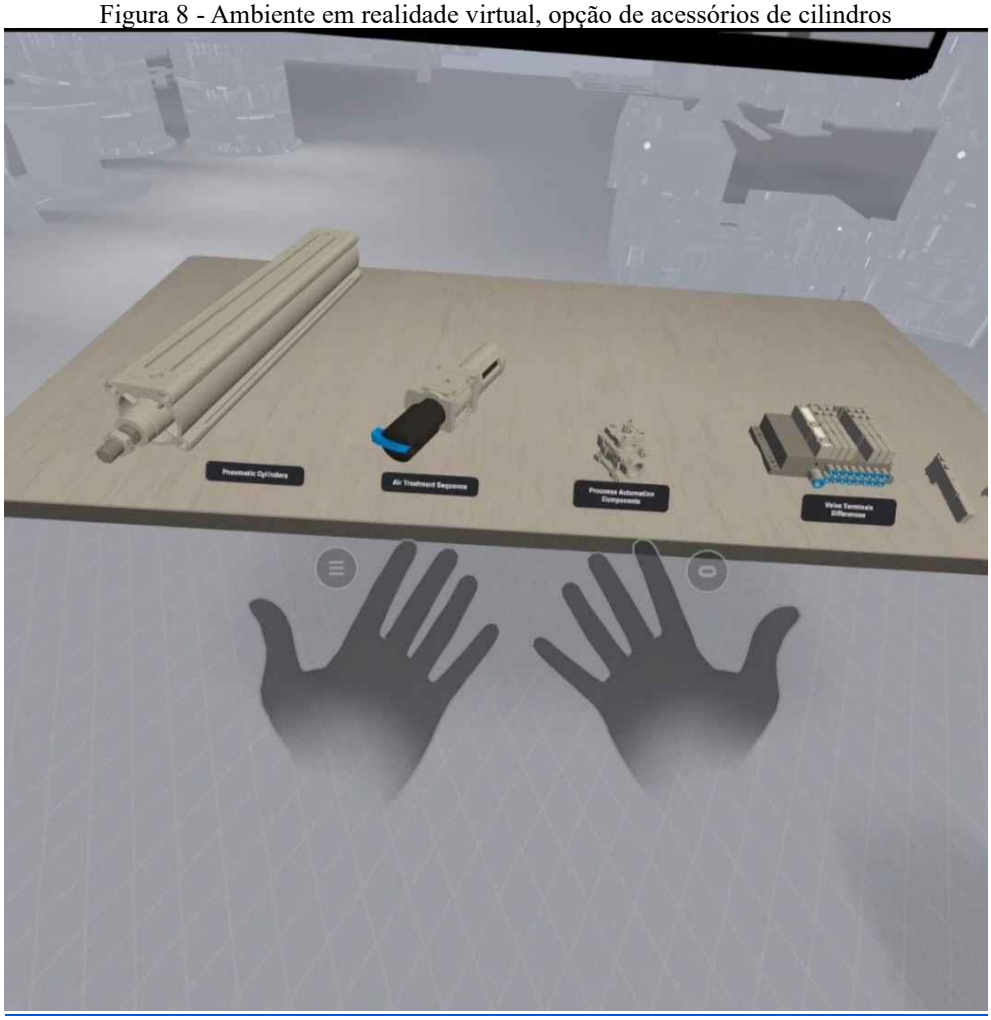



Fonte: (Unity, 2024)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a integração do software criado pelo UNITY, foi possível implementar o ambiente no dispositivo *Meta Quest 2*. O ambiente foi configurado para integrar a realidade virtual, junto com objetos de cena ao fundo que permite maior aprofundamento de um cenário industrial. A figura 8 possui um *link* que leva a um vídeo demonstrativo do ambiente em realidade virtual desenvolvido conforme a metodologia deste artigo. É possível acessá-lo passando o *mouse* por cima da imagem.

Figura 8 - Ambiente em realidade virtual, opção de acessórios de cilindros



Fonte: (Autor, 2024)

Foi verificado que não houve problemas em simular os objetos no ambiente, mantendo a escala em tamanho real e permitindo que o usuário possa interagir facilmente com os objetos em cena. Na figura 9 há um exemplo de como o usuário utiliza o vídeo explicativo para que possa realizar a manipulação dos objetos de cena, sendo possível de realizar as montagens conforme as instruções. Nesta imagem há um *link* com uma demonstração do processo de montagem de um cilindro pneumático com seus acessórios.

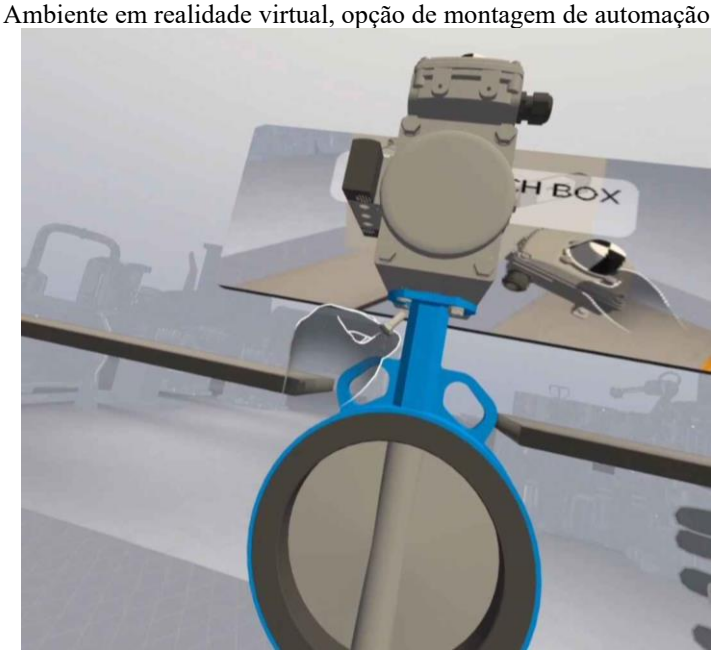
Figura 9 - Ambiente em realidade virtual, interação com objetos




Fonte: (Autor, 2024)

Com a interação de objetos, foi possível realizar as montagens conforme os vídeos de tutorial ao fundo com linguagem neutra e autoexplicativa. Na figura 10 é possível verificar o processo de montagem de um atuador rotativo em uma válvula do tipo borboleta, sendo que este conjunto é comumente utilizado em sistemas de automação de processo. Foi inserido na imagem uma demonstração através de um *link* como nos outros exemplos anteriores.

Figura 10 - Ambiente em realidade virtual, opção de montagem de automação de processos



Fonte: (Autor, 2024)

Através do modelo desenvolvido, foi possível desenvolver mais cenas para aplicar diversos tipos de soluções de montagens de conjuntos, apenas diferenciando no aspecto da montagem e na forma como é feito os passos para realizar a junção dos objetos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível simular um ambiente integrado em realidade virtual capaz de ensinar ao usuário como realizar montagens de conjuntos de automação industrial e instruí-lo a utilizar estes aprendizados na sua rotina ou para conhecimento próprio.

O modelo criado permite que o operante possa interagir com objetos com propriedades físicas e tamanhos reais por meio do tato, capacitando-o no conhecimento técnico para desenvolver montagens e agrupar objetos conforme as instruções dadas pelo software. Portanto, é possível concluir que a realidade virtual é uma ótima tecnologia capaz de integrar o usuário ao ambiente industrial por meio de simulações em 3D.

Algumas limitações ainda ocorrem pela plataforma da UNITY por não ser um software totalmente focado no uso da realidade virtual, podendo criar alguns problemas e erros conforme o desenvolvimento que podem ser desgastantes ao usuário e ao desenvolvedor. Futuras atualizações podem contemplar uma melhoria contínua do desenvolvimento da aplicação, permitindo melhor interação do usuário com o sistema e se integrar cada vez mais com a evolução recorrente da Indústria 4.0 com o uso de mais tecnologias a fim de capacitar o ser humano ao meio industrial.

## REFERÊNCIAS


ARAUJO, Ionara Coelho et al. Brazilian Journal of Development. Indústria 4.0 e seus impactos para o mercado de trabalho. 6. ed. n 4. p 22326-22342. Curitiba, 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9370/7915. Acesso em: 13 out. 2023.

BELLOC, Olavo da Rosa. Um Arcabouço para o Desenvolvimento de Simuladores de Procedimentos em Realidade Virtual. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-01032011-125416/publico/Dissertacao_Olavo_da_Rosa_Belloc.pdf. Acesso em 27 out. 2023.

BORBA, Eduardo Zilles. Dicionário de Desenvolvimento Regional e Temas Correlatos. Realidade virtual (imersão e efeito de presença). p. 754-757. São Paulo: Editora Conceito, 2021. Disponível em: https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PGDRA/Dicionario_Desenvolvimento_Regional_Portugues_-_2.VRA_2021.pdf#page=755. Acesso em 15 out. 2023.

BORGES, Pablo Rodrigo *et al*. Treinamentos utilizando a realidade aumentada e virtual: comparação da inovação e tradicionalismo na formação profissional. Revista Observatório de la Economía Latinoamericana, 2019. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9003937. Acesso em 15 out 2023.

BRAGA, Marilluci. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Realidade Virtual e Educação. Paraíba, 2001. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/500/50010104.pdf. Acesso em: 26 set. 2023.

BUCCIOLI, Arthur Augusto Bastos *et al*. Usando realidade virtual e aumentada na visualização da simulação de sistemas de automação industrial. São Paulo, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Arthur-Bucioli/publication/267235695_Usando_Realidade_Virtual_e_Aumentada_na_Visualizacao_da_Simulacao_de_Sistemas_de_Automacao_Industrial/links/5722103208aef9c00b7c454f/Usando-Realidade-Virtual-e-Aumentada-na-Visualizacao-da-Simulacao-de-Sistemas-de-Automacao-Industrial.pdf. Acesso em 14 out. 2023.

CASAS, Luis A; BRIDI, Vera; FIALHO, Francisco. Construção do conhecimento por imersão em ambientes de realidade virtual. VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Belo Horizonte, 1996.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. Rumo à indústria 4.0. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento em Engenharia Mecânica, Coimbra, 2016. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992. Acesso em 12 out. 2023.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; RUSCHEL, Regina Coeli. Desenvolvimento de modelos 3D para utilização no aplicativo de realidade aumentada equipAR!. Estudo apresentado no III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ana-Regina-Cuperschmid/publication/273143976_DESENVOLVIMENTO_DE_MODELOS_3D_PARA_UTILIZACAO_NO_APLICATIVO_DE_REALIDADE_AUMENTADA_equipAR/links/54fa2b620cf2040df21b1cf8/DESENVOLVIMENTO-DE-MODELOS-3D-PARA-UTILIZACAO-NO-APLICATIVO-DE-REALIDADE-AUMENTADA-equipAR.pdf. Acesso em 23 out. 2023.

DOS SANTOS, Maurício; CARUSO, André Luis Macedo. Estudo e desenvolvimento de jogos para internet utilizando unity 3D. Dissertação (tecnólogo em sistemas de internet) - Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Passo Fundo, 2011. Disponível em: https://painel.passofundo.ifsul.edu.br/uploads/arq/20160329220855211090425.pdf. Acesso em 24 out. 2023.

HAAS, John K. A History of the Unity Game Engine. Worcester Polytechnic Institute, 2014. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/212986458.pdf. Acesso em 05 nov. 2023.

HOZDIĆ, Elvis. International Journal of Modern Manufacturing Technologies. Smart factory for industry 4.0: a review. 7 ed. n 1. Universidade de Ljubljana, 2015. Disponível em: https://modtech.ro/international-journal/vol7no12015/Hozdic_Elvis.pdf. Acesso em 15 out. 2023.

KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Realidade virtual e aumentada: aplicações e tendências. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. Estudo apresentado no XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada. Uberlândia, Minas Gerais, 2011, p. 10-25. Disponível em: https://www.academia.edu/download/33029714/2011_svrps.pdf#page=10. Acesso em 13 out. 2023.

LAVALLE, Steven M. Virtual reality. Cambridge University, 2023. Disponível em: https://www.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=ft_LEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=virtual+reality&ots=owRaLruV8C&sig=jemVfgKj2IdZu-NagUpVYmGTF0Q. Acesso em: 15 set. 2023.

LOBÃO, Elídio de Carvalho; PORTO, Arthur José Vieira. Evolução das técnicas de simulação. 9. ed. n 1. p. 13-22. São Carlos, 1999. Disponível em: https://www.scielo.br/j/prod/a/qZG5jQ8qQXzjZSprgnKc4kC/?lang=pt. Acesso em: 4 out. 2023.

LOPES, Diene Gomes Colvara *et al*. Treinamento com realidade virtual não imersiva é efetivo na melhora da funcionalidade de idosos institucionalizados e uma opção de atividade física segura nos momentos de restrição: um estudo piloto. Acta Fisiatr, 2021. Disponível em: https://meriva.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/21947/2/Treinamento_com_realidade_virtual_no_imersiva_efetivo_na_melhora_da_funcionalidade_de_idosos_institucionalizados_e.pdf. Acesso em 15 out. 2023.

MONTEIRO, Jorge Henrique Faine; MONTANHA, Gustavo Kizuma. Tekhne e Logos. Desenvolvimento de aplicação em realidade virtual. 10 ed. n 2. p 99-111. Botucatu, 2019. Disponível em: http://www.revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/607/384. Acesso em 25 out. 2023.

NETTO, Antonio Valerio *et al*. Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações. São Carlos, 2002. Disponível em: https://repositorio.usp.br/bitstreams/eea56bbf-fdf6-4a65-9681-47497e5d3544. Acesso em: 13 out. 2023.

NETTO, Antonio Valerio *et al*. Gestão e Produção. Realidade virtual e suas aplicações na área de manufatura, treinamento, simulação e desenvolvimento de produtos. 5. ed. n 2. p. 104-116. São Carlos, 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/j/gp/a/Brbwf88KLgqyn977t97JNtf/. Acesso em: 26 set. 2023.

PASSOS, Erick Baptista *et al*. Tutorial: Desenvolvimento de jogos com unity 3D. Estudo apresentado no VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31890403/Desenvolvimento_de_Jogos_com_Unity_3D-libre.pdf?1391465213=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDesenvolvimento_de_Jogos_com_Unity_3D.pdf&Expires=1699113636&Signature=VTR-tG9eKMrh-8-wcNXj6muU8Ax3OkEM~u1d61zjNXh1zCuM~eDE4uQ0D~6Rln17do67-4dX9esd~N4jEJAzcyIWDILMV-kj5TLcrJQbg52ECsR5ydBQ5F2Vuol1DoLbvSoc6H868ykayMWh3jdYHmrGUi0tladoOPnvfqR6op307w728SMXdBl1OZUHAhVTzhoIklh1ycmC1RpKRw~tdBJ8Q6XjhysXanwKzkBPPlHdtLtmRDpddRgKjkqf~8u6Yq~9j7QzzC5IdAiiKfH0tXZ1dxepBRRij~yY6PNXmhYdU9OkL-zMcNkBwkCVtnI9TgH2cdB6IC4sOZ5Mw3n9Jg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 24 out. 2023.

PEDROSA, Stella Maria Peixoto de Azevedo; ZAPPALA-GUIMARÃES, Marco Antônio. Revista educação e cultura contemporânea. Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. 18. ed. n 43. p. 123-146. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://mestradoedoutoradoestacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/reeduc/article/view/6258/47965987. Acesso em 13 out. 2023.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: Conceitos e perspectivas para o Brasil. 16 ed. n 1. Vale do Rio Verde, 2018. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938. Acesso em 26 set. 2023.

PORTO, Arthur José Vieira *et al*. Gestão e Produção. Manufatura virtual: conceituação e desafios. 9 ed. n 3. p. 297-312. São Carlos, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/gp/a/Lg9BprxcbNybF6fHZrdKnJB/?lang=pt. Acesso em: 30 set. 2023.

PRESTES, Laura Marcelino; CLETO, Marcelo Gechele. Ferramentas da indústria 4.0: realidade virtual e aumentada. Conceitos e aplicação. Atividade de iniciação científica no projeto de pesquisa Indústria 4.0 - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Cleto/publication/336103270_UNIVERSIDADE_FEDERAL_DO_PARANA_FERRAMENTAS_DA_INDUSTRIA_40_REALIDADE_VIRTUAL_E_AUMENTADA_CONCEITOS_E_APLICACAO/links/5d8e10d392851c33e9417c67/UNIVERSIDADE-FEDERAL-DO-PARANA-FERRAMENTAS-DA-INDUSTRIA-40-REALIDADE-VIRTUAL-E-AUMENTADA-CONCEITOS-E-APLICACAO.pdf. Acesso em 15 out. 2023.

RAYMER, Emma *et al*. Forensic Science International: Digital Investigation. Virtual reality forensics: forensic analysis of Meta Quest 2. 47 ed, p. 301658, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666281723001774. Acesso em 6 nov. 2023.

RODRIGUES, Gessica Palhares; PORTO, Cristiane de Magalhães. Interfaces Científicas - Educação. Realidade Virtual: conceitos, evoluções, dispositivos e aplicações. 1 ed. n 3, p 97-109. Aracajú, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.17564/2316-3828.2013v1n3p97-109. Acesso em 6 nov. 2023.

SANTOS, Beatrice Paiva, *et al*. Produção e desenvolvimento. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. 4 ed. n 1. p 111-124. Covilhã, 2018. Disponível em: https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/e316/193. Acesso em 15 out. 2023.

SCHWAB, Klaus. The fourth industrial revolution. Nova York, 2017. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ST_FDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=the+fourth+Ind%C3%BAstrial+Revolution+klaus&ots=DUoB8TvxXQ&sig=c_4TobtkpLO3DSzgu9ZpITeaVCM. Acesso em 18 out. 2023.

SILVA, Gabriela Leticia Oliveira Silva *et al.*Repercussões do treinamento com realidade virtual não imersiva nas habilidades motoras manuais de pessoas com doença de Parkinson. Acta Fisiatr, 2019. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/163071/159108. Acesso em 14 de out. de 2023.

TESSARINI, Geraldo; SALTORATO, Patricia. Revista produção online. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. 18 ed. n 2. p 743-769. Florianópolis, 2018. Disponível em: https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967. Acesso em 20 out. 2023.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOUTTO, Robson Augusto. Fundamentos e tecnologias de realidade virtual e aumentada. Livro apresentado no VIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada. Belém, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Robson-Siscoutto/publication/216813160_Fundamentos_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada/links/5f3d6c53a6fdcccc43d5fbab/Fundamentos-de-Realidade-Virtual-e-Aumentada.pdf#page=10. Acesso em 15 out. 2023

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva. Introdução a realidade virtual e aumentada. 3 ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 496p.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva; KIRNER, Claudio. Realidade virtual. Capítulo 1. p. 9-25. Porto Alegre: Editora SBC, 2006. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4190064/mod_resource/content/2/LIVRO%20Introdução%20a%20RV%20e%20RA-2017-DRAFT_Cap_RV.pdf. Acesso em 12 out. 2023.

UGWITZ, Pavel et al. Toggle toolkit: A tool for conducting experiments in unity virtual environments. Behavior research methods, p. 1-11, 2021. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.3758/s13428-020-01510-4. Acesso em 5 nov. 2023.

WANABETE, Gilberto Yuzo *et al*. Revista Caribeña de Ciencias Sociales Proposta de um sistema de análise ergonômica auxiliada por realidade virtual na indústria de manufatura. 12 ed. n 1. p 01-22. Miami, 2023. Disponível em: https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/rccs/article/view/2051/1593. Acesso em 18 out. 2023.

ZANCANELI, Mariana Alves, *et al*. Os softwares de realidade virtual para o projeto de arquitetura: uma análise comparativa. Estudo apresentado no 2° Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção. Campinas, 2019. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/141/135. Acesso em 15 out. 2023.