

CENTRO UNIVERSITÁRIO BELAS ARTES DE SÃO PAULO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA DIGITAL E PROJETOS
PARAMÉTRICOS

CAMILA DE OLIVEIRA GHENDOV

DA REALIDADE VIRTUAL À FABRICAÇÃO DIGITAL:

O uso da tecnologia imersiva no desenvolvimento de protótipos

SÃO PAULO

2019

CAMILA DE OLIVEIRA GHENDOV

DA REALIDADE VIRTUAL À FABRICAÇÃO DIGITAL:

O uso da tecnologia imersiva no desenvolvimento de protótipos

Artigo científico apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação Lato-Sensu em Arquitetura Digital e Projetos Paramétricos do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.

Orientador: Profº Me. Jaime Vega Rocabado

SÃO PAULO

2019

DA REALIDADE VIRTUAL À FABRICAÇÃO DIGITAL:

O uso da tecnologia imersiva no desenvolvimento de protótipos.

Artigo científico apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação Lato-Sensu em Arquitetura Digital e Projetos Paramétricos do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.

Banca examinadora

Orientador: Prof^o Me. Jaime Martin Vega Rocabado

Professor convidado

Defesa: São Paulo, _____ de _____ de 2019

DA REALIDADE VIRTUAL À FABRICAÇÃO DIGITAL:

O uso da tecnologia imersiva no desenvolvimento de protótipos

Camila de Oliveira Ghendov¹

RESUMO

Esse artigo tem o objetivo de investigar e experimentar metodologias no processo de desenvolvimento de design utilizando tecnologias de imersão, como realidade virtual, para a criação de protótipos virtuais e físicos. Foram analisadas tecnologias disponíveis no cenário atual e a sua possível utilização por profissionais da área de design de produto, cenografia, audiovisual e arquitetura.

Palavras-chave: Realidade virtual, Protótipo, Design de produto, Fabricação Digital.

ABSTRACT:

This article aims to investigate and experiment methodologies in the design development process using immersion technologies as virtual reality for the creation of virtual and physical prototypes. It was analyzed technologies available in the current scenario and their possible use by professionals of product design, scenography, audio-visual and architecture.

Keywords: Virtual Reality, Prototype, Product Design, Digital fabrication.

¹ camilaghendov@gmail.com

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
0. Como acessar o conteúdo interativo deste artigo	6
1. O uso de protótipos no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)	6
Estudo de caso 1 - Uso de protótipos em Design de Brinquedos	8
Estudo de caso 2 - Processo de desenvolvimento em Cenografia de Jornalismo	9
Prototipagem Rápida (RP)	10
2. Realidade Virtual (VR) para criação de protótipos	10
Estudo de caso 3 - Uso da Realidade Virtual na criação de conteúdos imersivos	12
3. Experimentação: Desenvolvendo um protótipo de estudo	13
Etapa 01 - Análise de softwares	13
Etapa 02 - Experiência comparativa	18
Análise de ferramentas	20
Etapa 03 - Fabricação digital (Prototipagem Rápida - RP)	20
4. Processos alternativos de prototipagem virtual	21
Sandbox - Realidade Aumentada com projeção em areia	21
Armazém de objetos em RV - Protótipo de decoração de ambientes	22
Estudo de caso 4 - Mercado de dispositivos VR/AR e soluções imersivas	23
CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

INTRODUÇÃO

Dados da Firjan² apontam que as indústrias criativas representam 2,6% do PIB nacional em 2019, dispondo um número crescente de profissionais dedicados à gerar inovação no consumo e buscar melhorias na experiência do consumidor, indica-se também que 80% dos profissionais criativos correspondem às áreas de consumo (arquitetura, design, moda, marketing...) e tecnologia (P&D e TI). Assim como, informes do IDC³ prevêem um crescimento mundial de 69,6% em investimentos em tecnologias AR/VR até 2022, sendo que grande parte dos gastos afetarão os setores de consumo, como: videogames e audiovisual, estendendo-se também ao comércio de varejo, manutenção industrial e treinamentos.

Nesse cenário, e com a necessidade de produzir interações mais eficientes entre os designers e suas criações, propõe-se o uso da tecnologia de imersão para a elaboração de métodos mais dinâmicos e otimizados, permitindo formas inovadoras de validação de ideias e de compreensão de projetos.

Apresento, neste artigo, a questão da utilização de protótipos durante o processo de desenvolvimento de produtos e as possibilidades de aplicação da Realidade Virtual em metodologias de criação. Este artigo está dividido em quatro partes:

1. Contextualização: metodologias de criação de design no cenário atual;
2. Conceituação: por que criar protótipos com Realidade Virtual;
3. Experiências analíticas: comparação de *softwares* CAD com dispositivos tradicionais e com dispositivos de imersão virtual;
4. Conclusão e propostas alternativas de prototipagem com diferentes níveis de fidelidade para serem utilizadas em métodos de desenvolvimento e apresentação de projetos.

² Firjan - Mapeamento da Indústria Criativa no Brasil, Fev 2019.
<<https://firjan.com.br/EconomiaCriativa/downloads/MapeamentoIndustriaCriativa.pdf>>. Acesso em 23/05/2019.

³ “Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality Expected to Surpass \$20 Billion in 2019, According to IDC”. <<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44511118>>. Acesso 23/05/2019.

0. Como acessar o conteúdo interativo deste artigo

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram captadas imagens, vídeos, modelos virtuais e outros conteúdos adicionais que serão apresentados ao longo desse artigo de forma interativa utilizando-se de um portal da web, de realidade aumentada (com aplicativo *Snapchat*) ou da integração de outros elementos virtuais. Faça leitura do *QRCode* abaixo e acesse o manual de instruções para leitura do conteúdo interativo.

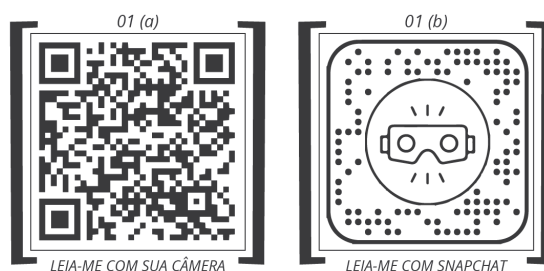


Figura 01 (a): *QRCode* para acessar o portal com conteúdo interativo deste artigo.

Figura 01 (b): *Snapcode* do aplicativo *Snapchat* para interação com modelos 3D deste artigo.

Pode ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos/instrucoes>.

1. O uso de protótipos no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

Há um aumento na complexidade dos produtos modernos e uma grande variedade de novas demandas de mercado que nunca existiram antes, segundo ULLMANN, 2009, em ALCOFORADO, 2014, o mercado global promoveu a necessidade de desenvolver novos produtos em um ritmo acelerado e a maioria dos problemas de lançamento estão relacionados a um processo de design fraco. ALCOFORADO, 2014, ao citar Charles Eames, afirma que o papel do designer é interagir com outros criadores, parceiros, clientes e empresários, na necessidade de criar relações entre os envolvidos que permitam novas abordagens projetuais de forma fluída e dinâmica.

CROSS, 2000, compreende que no modelo de processo de design, o desenvolvimento de projeto ocorre em estágios contínuos, mas com *feedbacks* constantes que permitem a realimentação do ciclo e que frequentemente haja necessidade de retorno aos estágios anteriores, como mostra o esquema a seguir:

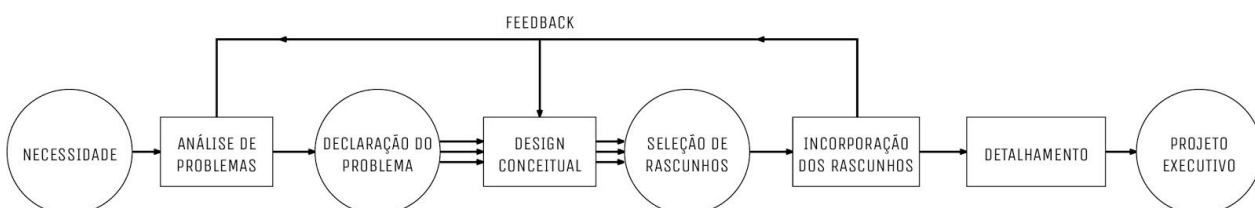


Figura 02: Modelo de Processo de Design. Imagem adaptada pela autora (tradução livre). Fonte: Nigel Cross, 2000.

VOLPATO, 2007, afirma que ao longo do PDP, pode-se utilizar várias formas de representação, sejam elas bidimensionais (*sketches*, *renderings*, *leiautes*...) ou tridimensionais, físicas ou não, (maquete eletrônicas, *mockups*, etc.) com objetivo de facilitar a comunicação entre os envolvidos no projeto. Dependendo do estágio do PDP há sempre uma representação mais adequada que aborda diferentes aspectos do produto, finalidades e intenções.

Volpato afirma também, que o uso de protótipos é fundamental para facilitar o processo de decisões de projeto. As áreas de engenharia, gerenciamento, marketing e manufatura também são beneficiadas consideravelmente com o uso de protótipos, por promover aprendizado rápido e unificação entre as equipes. Assim, compreendendo a análise de diversos autores, podemos classificar protótipos com três níveis de fidelidade:

Baixa-fidelidade: são protótipos com limitações de funções e interação, indicado para as fases iniciais de conceituação de projeto, sendo de baixo custo e rápida facilidade de produção. (ex.: desenhos, protótipos de papel, esquemas, etc.)

Média-fidelidade: são protótipos de diferentes escalas utilizados para validar uma ideia, criados após a fase inicial de conceituação, possibilitam avaliar, por exemplo, características de ergonomia, funcionalidade, volumetria, etc. Podendo ser modelos virtuais ou físicos que utilizam-se de materiais mais simples e menos custosos que o produto final.

Alta-fidelidade: são protótipos que aproximam-se do resultado final, permitindo executar testes de funcionalidade com interação, para representar fielmente a solução proposta. Podem ser virtuais (ex.: maquetes eletrônicas, representações imersivas, etc.) ou físicos (ex.: projeto piloto, maquete arquitetônica, etc.).

“Cada protótipo é um estágio melhorado e refinado do anterior que evolui através de técnicas de avaliação que identifiquem pontos fortes e fracos do design e principalmente dar o poder e segurança a equipe de tomar decisões e descontinuidade o design.”

ALCOFORADO, 2014, p.44.

Protótipos adequados à cada fase de desenvolvimento do projeto fornecem aos designers e gestores a possibilidade de responder perguntas de forma concreta e tangível, permitindo reconhecer de imediato problemas de projeto. ALCOFORADO, 2007, indica que, com a

emergência de novas tecnologias como prototipagem virtual e prototipagem rápida, podemos esperar uma melhor utilização de protótipos desde as fases iniciais de projeto reduzindo tempo na execução e proporcionando maior qualidade nos produtos finais.

Estudo de caso 1 - Uso de protótipos em Design de Brinquedos

Um estudo⁴ feito com Dante Gambini, Gerente de Design de Brinquedos da *The Walt Disney Company (Brasil)*, mostra que, profissionais de artes plásticas, design, design de moda e marketing, e, com a colaboração da equipe comercial, podem compor uma equipe pequena e diversificada para criação de produtos para o mercado de licenciamento. Assim, os processos de desenvolvimento dos produtos são dirigidos pelas tendências do mercado, posicionamento em relação ao público alvo e ao momento dos personagens na mídia.

No PDP da empresa, o uso de apresentações bem ilustrativas, modelos tridimensionais feitos em computador, bem como esculturas em argila (*clay*) são bastante importantes para representação do brinquedo proposto, de modo que possam ser feitas análises e correções dos personagens, como: proporções, características físicas e outros detalhes. Os processos de desenvolvimento são geralmente muito curtos, por isso, é necessário serem bastante precisos e assertivos na elaboração e aprovação dos projetos, de maneira que cheguem rapidamente ao resultado final, para dar início na produção dos moldes finais e outras etapas.

Nesse caso, ainda não foi considerado o uso de ambientes imersivos no processo, tanto como apresentação quanto como criação, por ser financeiramente inviável, mas acredita-se que possa ser implantado um sistema de realidade virtual no futuro.



Figura 03: *QRCode* para acessar entrevista completa.
Conteúdo pode ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

⁴ Entrevista com Dante Gambini feita por email em maio de 2019.
Conteúdo completo pode ser visto em <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

Estudo de caso 2 - Processo de desenvolvimento em Cenografia de Jornalismo

Em entrevista⁵, Fabio Figueiredo, Supervisor Executivo de Cenografia em Jornalismo da *Rede Globo de Televisão*, relata que os processos de design e execução são muito rápidos e a necessidade de protótipos físicos, dependem da complexidade da estrutura do projeto e da escala de abrangência do telejornal.

Normalmente, a equipe, composta por arquitetos, designers e técnicos, recebe o *briefing* e já inicia o processo de design em modelagem 3D em computador, com simulações virtuais, para que em poucos dias ou semanas possa dar início às etapas de detalhamento, execução e implantação. O Jornal Nacional, por exemplo, é um dos cenários que foi necessário a criação de *mockups* e contratação de maquetes. Para analisar questões com a equipe de tecnologia, foram feitos protótipos em escala 1:15 simulando projeções reais em vidros curvos, e, também foram feitos mockups 1:1 para verificar alturas e o raio do praticável⁶.

Por meio de apresentações em tela com maquetes eletrônicas, animações e simulações virtuais, a equipe de criação comunica-se com os demandantes (diretores de arte e editores-chefes dos telejornais) para alterações e aprovações das propostas. A equipe já considerou o uso de ambiente imersivos para apresentação de projetos, uma vez que o processo de modelagem e simulação é todo feito virtualmente, mas percebe-se que ainda há uma certa rejeição em utilizar óculos VR em reuniões executivas. Há também uma vontade de utilizar a imersão no processo de criação de design, no entanto os *softwares* VR atuais ainda não possuem ferramentas tão eficientes quanto os meios tradicionais que eles utilizam.



Figura 04: Maquete 1:15 do projeto de cenografia do Jornal Nacional da Rede Globo. Fonte: Fabio Figueiredo. Conteúdo pode ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

⁵ Entrevista com Fabio Figueiredo feita por email em maio de 2019.

Conteúdo completo pode ser visto em <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

⁶ Praticável: estrutura, geralmente em madeira e metálica, para criar desníveis no cenário (palco).

Prototipagem rápida (RP)

Segundo VOLPATO, 2007, o sucesso de um produto muitas vezes está associado a entender as necessidades do cliente e imediatamente desenvolver soluções a um custo competitivo e por isso, a utilização de modelos são essenciais para o processo. Modelos volumétricos podem ser definidos como ‘rascunhos tridimensionais’ de confecção simples e materiais baratos. Para isso, ferramentas computacionais CAD/CAE/CAM⁷ são fundamentais para auxiliar no PDP.

“Apesar da importância de se utilizar representações tridimensionais de produto, até há pouco tempo, muitas empresas evitavam esta atividade, principalmente em relação aos protótipos, alegando ser dispendiosa e demorada a sua obtenção. Breitinger lembra que os protótipos não eram usados na Europa até se chegar aos últimos estágios do PDP sob as mesmas justificativas. A prática era fazer um protótipo completo somente antes da produção em série, negligenciando o real potencial de usá-los nas fases iniciais do PDP. A introdução das tecnologias de prototipagem rápida promoveu um grande avanço na área de uso de protótipo, nos aspectos de custo e tempo para manufatura.” VOLPATO, 2007, p.26.

VOLPATO, 2007, afirma que, com base no modelo CAD, é possível realizar a construção de protótipos físicos utilizando as tecnologias de fabricação digital disponíveis no mercado, como impressoras 3D de FDM⁸ ou CNC's⁹. Devido à grande economia em tempo de fabricação, especialmente por geometrias complexas, o aparecimento da RP tem sido considerado um marco em termos de tecnologias de manufatura. Esse impacto da aplicação de prototipagem rápida no PDP vem sendo defendido por alguns autores como podendo gerar economia de tempo e redução de custo no desenvolvimento na faixa de 50% a 100%.

2. Realidade Virtual (VR) para criação de protótipos

MILGRAN, 1994, classifica que no ambiente de Realidade Virtual o observador-participante está imerso em um mundo sintético, que é capaz ou não de imitar as propriedades de um ambiente do mundo real, e que pode não ser regido pelas leis da física como gravidade, tempo e propriedades materiais.

⁷ CAD: Computer-Aided Design; CAE: Computer-Aided Engineering; CAM: Computer-Aided Manufacturing.

⁸ Fused Deposition Modeling - Impressora 3D por depósito de material em camadas.

⁹ Computer Numeric Control - Máquina com processo de usinagem ou corte à laser.



Figura 05: Gráfico *Reality-Virtuality Continuum*, MILGRAN, 1994. Imagem adaptada pela autora (tradução livre).

Diferente da criação em CAD 3D com computadores e dispositivos convencionais, os sistemas de Realidade Virtual trazem a experiência de imersão e interatividade, em que o usuário estabelece uma relação em escala real com o objeto que está sendo modelado, acrescentando mais dinamismo na criação do projeto. TORI, KIRNER, et al., 2006, afirmam que a grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual e que a possibilidade do usuário interagir com o ambiente virtual tridimensional realista em tempo-real, vendo cenas alterarem conforme resposta à seus comandos, torna a experiência mais rica, capaz de proporcionar maior engajamento e eficiência.

Dispositivos 6DOF¹⁰ permitem uma maior interação do modelador com o produto, podendo explorar o máximo do design e fazer modificações no projeto. No processo de desenvolvimento o nível de detalhe (LOD) de protótipos criados virtualmente também podem ser definidos de acordo com os interesses de avaliação do produto:

Baixa-fidelidade: criação imersiva de modelos virtuais tridimensionais sem precisão geométrica, para conceituação de uma proposta inicial, que podem, inclusive, serem feito em sistemas multiusuários (AVC - Ambiente Virtual Colaborativo).

Média-fidelidade: apresentações de desenvolvimento do projeto em ambientes imersivos, para obter proposição de *feedbacks* e edição de geometrias *real-time* em coparticipação com outras equipes e colaboradores;

Alta-fidelidade: apresentações de uma proposta final para os demandantes do projeto (com representação fiel do produto) em forma de maquete eletrônica imersiva.

¹⁰ Seis Graus de Liberdade (Six degrees of freedom), são dispositivos de Realidade Virtual (como *Head-Mounted Display*) que permitem os movimentos de rotação e translação do usuário dentro do ambiente tridimensional.

Estudo de caso 3 - Uso da Realidade Virtual na criação de conteúdos imersivos

Em entrevista¹¹ sobre a produção “*Cosmos - A História do Universo*” para o Domo do Museu do Amanhã no Rio de Janeiro, Ricardo Laganaro¹², diretor do filme, junto com a *O2 Filmes*, mostrou a dificuldade de comunicação entre os criadores e contratantes quando se faz a produção de conteúdos imersivos.

Nas primeiras reuniões de apresentação da concepção do projeto, que incluíam a demonstração do roteiro, o obstáculo estava em representar os *frames* do filme 360° em imagens bidimensionais. Os diagramas criados nessas apresentações não permitiam uma boa percepção da escala humana e também era difícil de retratar a posição das projeções. Diante disso, Laganaro comenta que, o formato da tela e o processo de criação é diferente nesse tipo de projeto, e, faz mais sentido produzir um conteúdo imersivo em um ambiente imersivo.

O domo ainda não havia sido construído, e os testes começaram a serem feitos em estruturas esféricas em escalas menores, como infláveis, mas que não retratavam a curvatura real do espaço. Em função disso, surgiu a necessidade da equipe prototipar um ambiente com óculos de Realidade Virtual para traduzir a sensação de imersão no domo e auxiliar no processo de criação do filme.

Posteriormente, foram utilizadas lonas sobrepostas na estrutura geodésica que estava sendo construída para o museu, trazendo a possibilidade de assistir os conteúdos no formato e tamanho correto, o que foi essencial para que os editores e criadores pudessem obter um resultado melhor de trabalho.



Figura 06 (a): Simulação virtual de projeção. Fonte: Portal O2 Filmes

Figura 6 (b): Geodésica usada para edição e projeção de imagens testes (direita). Fonte: Portal O2 Filmes.

Conteúdo interativo pode ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

¹¹ Entrevista feita no Centro Universitário Belas Artes de São Paulo em maio de 2019.

Conteúdo completo pode ser visto em <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

¹² Ricardo Laganaro, diretor de filmes em realidade virtual, atualmente é sócio e *Chief Storytelling Officer* no estúdio *ARVORE Experiências Imersivas* e professor convidado do Laboratório de Design e Experiências Imersivas no Centro Universitário Belas Artes. <<https://www.laganaro.com/>>

3. Experimentação: Desenvolvendo um protótipo de estudo.

Dadas as conclusões anteriores, a primeira hipótese é que o uso do *softwares* VR possa trazer dinamismo e rapidez na criação de protótipos virtuais de baixa e média fidelidade, e que esses mesmos protótipos possam ser feitos ainda durante as reuniões iniciais de projeto com uma equipe diversificada acompanhando e fornecendo sugestões com interações colaborativas.

Nessa experiência, propõe-se a utilização da tecnologia VR para criação de um protótipo virtual conceitual e a tecnologia RP para a confecção de um protótipo físico funcional.

Etapa 01 - Análise de softwares

A primeira etapa da experimentação foi analisar os principais *softwares* de modelagem em Realidade Virtual disponíveis no mercado atual, para posteriormente aplicarmos um comparativo com os *softwares* CAD tradicionais. Dentro dessa investigação foram coletados os seguintes dados que foram compilados na Tabela 1:

- 1) Geometria (*mesh* vs *nurbs*): Embora a modelagem *nurbs*, na maioria dos casos, seja melhor atribuída para a criação de produtos que necessitam de formas orgânicas, muitos dos *softwares* VR aqui apresentados, não atuam da mesma forma como os *softwares* tradicionais (ex.: *Rhinoceros*). O *Kanova*, por exemplo, atua como se o usuário estivesse manipulando argila, adicionando ou subtraindo massa. Já os *softwares* com cálculo em *mesh*, apresentaram melhores ferramentas para a edição de geometrias.
- 2) Sensibilidade e Colisão: Uma das características fundamentais para se trabalhar com a modelagem de protótipos virtuais, é a presença de *scripts* que simulem a colisão entre os objetos, impedindo que um componente atravessasse outro durante a manipulação dos mesmos.
- 3) Edição de geometrias: A partir da criação de geometrias básicas, é preciso analisar como ocorre a manipulação de faces, vértices e arestas com o objetivo de produzir modelos mais complexos. *Softwares* em *mesh*, tiveram maior vantagem na manipulação das geometrias.

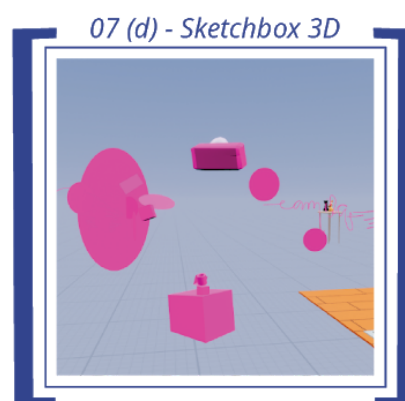
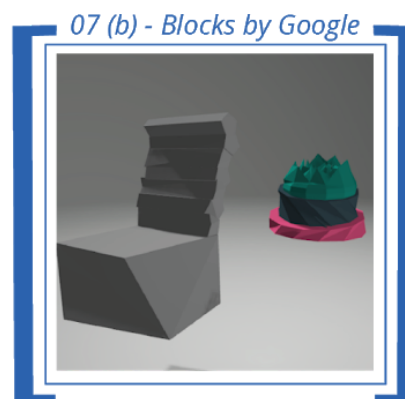
- 4) Agrupamento de objetos: Poucos *softwares* apresentaram ferramentas de operação com sólidos, como: união, subtração, intersecção e agrupamento de objetos. O *VR Sketch* e o *Sketchbox 3D*, apresentaram-se como promissores na criação de protótipos mais complexos.
- 5) Ferramentas: Em *softwares* tradicionais, o uso do mouse, teclado e atalhos permitem o melhor aproveitamento das ferramentas padrão, e, com *plugins*, é possível adicionar novos recursos com possibilidades infinitas. Nesse quesito, alguns *softwares* VR possuem apenas ferramentas simples de extrusão e aplicação de texturas, e outros *softwares* apresentaram ferramentas de diversas complexidades para criação e edição das geometrias e efeitos.
- 6) Exportação e interoperabilidade: Quando falamos de processos de criação de modelos em CAD, é importante averiguar a capacidade de comunicação entre os *softwares*, a fim de permitir que o modelo 3D possa prosseguir por diversas etapas do projeto. Nessa experiência, poucos dos *softwares* analisados apresentaram salvamento e exportação além da extensão .FBX¹³, o que dificulta a conversação com *softwares* tradicionais (com extensões, .OBJ, .3DS, .SKP, .RHI, .DWG, .IFC, etc¹⁴) e consequentemente, algumas informações geométricas e não geométricas podem se perder durante a conversão de arquivos.

Outro ponto é que, o *VR Sketch*, dentre os que foram analisados, é o único *software* que permite a exportação do arquivo em .STL, para ser enviado para uma impressora 3D de FDM. Essa opção só acontece, porque o *VR Sketch* é um *plugin* que opera dentro do *SketchUp*, e que possui essa função como padrão.

- 7) Biblioteca de objetos: Alguns *softwares* apresentaram a possibilidade de importar objetos já modelados por meio de uma biblioteca externa. O *VR Sketch*, funciona com uma biblioteca colaborativa online gratuita (o *3D Warehouse* do *SketchUp*), já o *Sketchbox 3D* e o *TiltBrush* necessitam que o usuário previamente coloque os arquivos dentro de um diretório específico no computador.

¹³ .FBX é uma extensão de arquivo usualmente utilizada por *softwares* de animação ou efeitos visuais.

¹⁴ Extensões usualmente utilizadas por *softwares* de modelagem de design de produto ou indústrias AEC (arquitetura, engenharias e construção civil).



LEIA-ME COM SUA CÂMERA

Figuras 7 (a), (b), (d), (e) e (g): Imagens das experiências nos softwares testados (Fonte: Autora).

Figuras 7 (c) e (f): Imagens de divulgação dos softwares testados (Fonte: Respektivas Empresas).

Conteúdos interativos podem ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

Tabela 1 - Comparativo de *softwares* CAD de Realidade Virtual para modelagem em 3D

1	Nurbs (modelagem orgânica)	Mesh / Lowpoly (modelagem ortogonal)
TiltBrush by Google	X	
Blocks by Google		X
Kanova	X	
Sketchbox 3D		X
PaintLab	X	
VRCat		X
VRSketch		X
2	sem sensibilidade / colisão	com sensibilidade / colisão
TiltBrush by Google	X	
Blocks by Google	X	
Kanova	X	
Sketchbox 3D		X
PaintLab	X	
VRCat	X	
VRSketch		X
3	menor facilidade na edição de geometrias	maior facilidade na edição de geometrias
TiltBrush by Google	X	
Blocks by Google		X
Kanova	X	
Sketchbox 3D		X
PaintLab	X	
VRCat		X
VRSketch		X
4	sem agrupamento	com agrupamento
TiltBrush by Google	X	
Blocks by Google	X	
Kanova	X	
Sketchbox 3D		X
PaintLab	X	
VRCat	X	
VRSketch		X
5	ferramentas simples	ferramentas complexas
TiltBrush by Google		X
Blocks by Google	X	
Kanova		X
Sketchbox 3D		X
PaintLab	X	
VRCat	X	
VRSketch		X
6	apenas .fbx ou padrão	outras extensões (.obj e etc)
TiltBrush by Google	X	
Blocks by Google		X
Kanova		X
Sketchbox 3D	X	
PaintLab	X	
VRCat	X	
VRSketch		X
7	biblioteca de objetos padrão	biblioteca de objetos externos
TiltBrush by Google		importando por pasta c:\
Blocks by Google	X	
Kanova	sem informação	sem informação
Sketchbox 3D		importando por pasta c:\
PaintLab	X	
VRCat	X	
VRSketch		online pelo 3D Warehouse

Etapa 02 - Experiência comparativa

Na segunda etapa, foi iniciado o processo de desenvolvimento de alguns protótipos virtuais para gerar dados de análise. Para fins comparativos, cada protótipo foi modelado duas vezes utilizando-se de dois *softwares* CAD (tradicional e VR) com ferramentas similares e aplicando as mesmas informações geométricas.

Essa experiência gerou os seguintes dados:

- Tempo de modelagem;
- Grau de dificuldade em modelagem;
- Disponibilidade de ferramentas dos *softwares*;
- Grau de exaustão física do modelador;
- Complexidade de comunicação com assistentes e participantes externos;
- Captação de imagens em fotografia e vídeo.

Nessa experiência, os produtos a serem modelados foram escolhidos por questões de tamanho (com objetivo de enviar para impressora 3D em escala real), ergonomia, necessidade de precisão e maior quantidade de ferramentas para serem utilizadas.

Para início do processo, foi feito um esboço 2D à mão, sem dimensões precisas, com o objetivo de criar uma forma de representação de baixa fidelidade. No segundo estágio, os protótipos foram desenvolvidos no Dispositivo (A) e no terceiro estágio no Dispositivo (B).

Posteriormente os resultados foram compilados da Tabela 2:

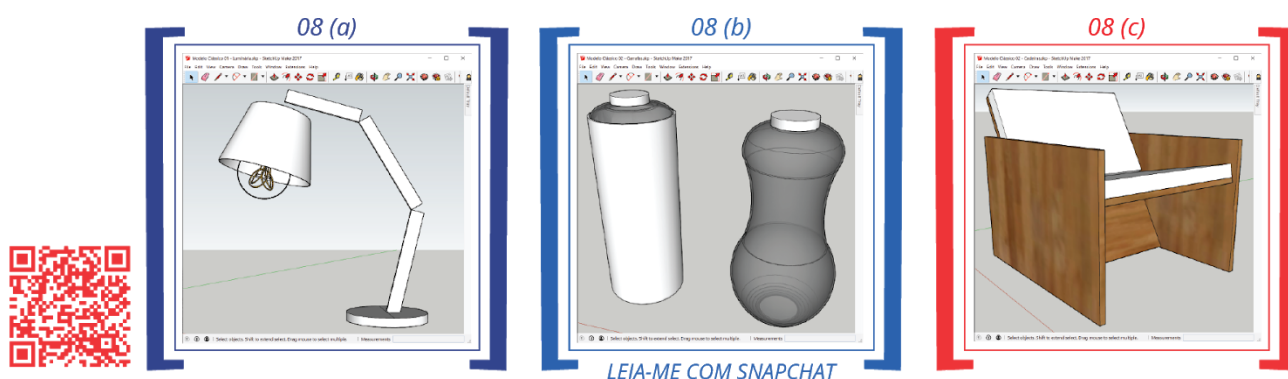


Figura 08 (a), (b) e (c): Objetos modelados em CAD com dispositivos convencionais. (Fonte: Autora)

Obs.: Modelos tridimensionais disponíveis para interação em realidade aumentada via aplicativo *Snapchat*.

Conteúdos interativos podem ser acessados também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

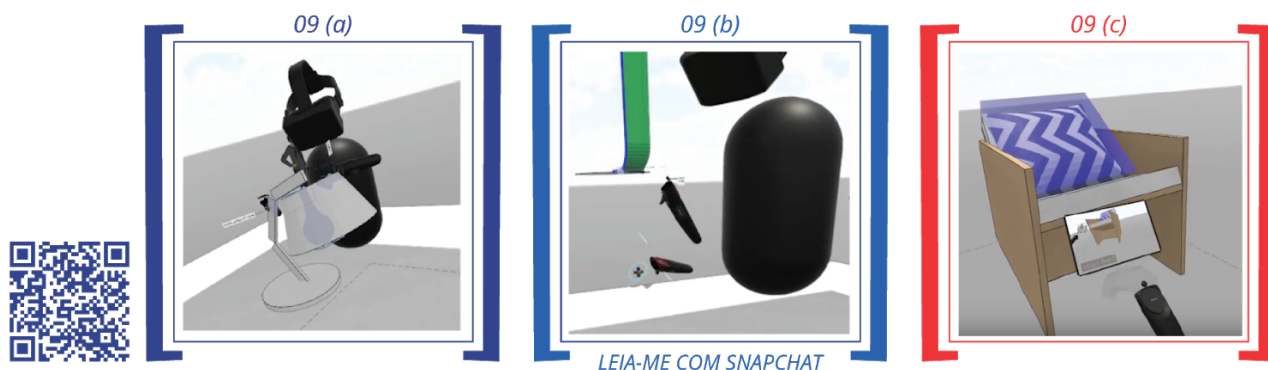


Figura 09 (a), (b) e (c): Objetos modelados em CAD com dispositivos de realidade virtual. (Fonte: Autora)
Modelos tridimensionais disponíveis para interação em realidade aumentada via aplicativo *Snapchat*.
Conteúdos interativos podem ser acessados também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

Tabela 2 - Comparação de modelagem utilizando *software* CAD (tradicional e VR)

		<u>DISPOSITIVO (A)</u> <u>SOFTWARE CLÁSSICO:</u> SketchUp 2017 com ferramentas padrão. Aparelho: Notebook i7 8GB Nvidia 4GB com bateria trabalhando em alto desempenho.	<u>DISPOSITIVO (B)</u> <u>SOFTWARE VR:</u> Plugin VR Sketch trabalhando dentro do SketchUp 2018. Aparelho: Computador de mesa com HTC Vive.
MODELO 01	LUMINÁRIA DE MESA	9MIN26 O grau de dificuldade nesse processo foi baixo, assim como o grau de exaustão. O uso de atalhos auxilia na troca de ferramentas. O modelo ficou bem preciso por conta da facilidade de inserir medidas.	15MIN O grau de dificuldade foi alto devido a complexidade de inserir medidas precisas e o tempo para troca de ferramentas é alto. Ocorre uma frustração por não conseguir certificar-se do alinhamento entre os componentes.
MODELO 02	DUAS OPÇÕES DE GARRAFAS	34MIN34 O grau de dificuldade nesse processo foi alto devido à falta de ferramentas para fazer geometrias orgânicas.	15MIN (sem concluir) Foi necessário cessar o processo e não finalizar a modelagem, pois apesar de existirem ferramentas similares em ambos os softwares, (<i>follow me</i>), a função no software VR não produz o resultado esperado. O processo também é dificultado pela impossibilidade de precisão milimétrica.
MODELO 03	POLTRONA	7MIN12 O processo foi bem rápido e o grau de dificuldade baixo, não havendo exaustão do modelador. O uso de atalhos facilitou a modelagem, e o modelo pode ser bem preciso devido à inserção de medidas.	14MIN15 A falta de atalhos deixa o processo mais lento. Movimentar-se pelo espaço é bem fácil, podendo ter uma boa imersão. A aplicação de materiais é bem simples, apesar da biblioteca ser pequena.

Análise de ferramentas

Em 1968, Doug Engelbart¹⁵ apresenta uma ferramenta de entrada de dados que permitia o rastreamento do movimento da mão do usuário e o codificava em um cursor na tela do computador permitindo a interação usuário-máquina. Desde essa criação, que vem a ser conhecida pelo mercado como o *Mouse*, há uma demanda de criação de dispositivos que permitam que o usuário utilize ferramentas mais precisas, interativas, dinâmicas e que sejam mais parecidas com movimentos do corpo humano¹⁶.

Nas experiências propostas anteriormente, vimos que os controles do dispositivo VR, embora pareçam dinâmicos, apresentam dificuldade de precisão na modelagem, e, a falta de atalhos para a troca de ferramentas, não permite agilidade no processo quando comparamos com a manipulação do mouse convencional, sendo impossível criar modelos geometricamente idênticos nos dois dispositivos. Como destacam, TORI, KIRNER, et al., 2006, um dos principais problemas relacionados ao controle é a troca de modo para a realização de novos procedimentos, o que não permite ao usuário a realização de mais de uma tarefa por vez.

Entretanto, a maior vantagem compreendida nessas experiências é que a imersão permite tangenciar a escala real do objeto com o seu criador, dando a possibilidade de validar ideias de volumetria e criar simulações antes de executar protótipos em fabricação digital.

Etapa 03 - Fabricação digital (Prototipagem Rápida - RP)

VOLPATO, 2007, afirma que, apesar do crescente interesse nas simulações virtuais, algumas impressões de um produto são subjetivas, como manuseio e outras sensações táteis, e só podem ser avaliadas com protótipos físicos tridimensionais. Assim, na terceira etapa da experiência, foi escolhido um dos modelos criados no dispositivo VR para ser fabricado por uma impressora 3D:

O *Modelo (1) - Luminária*, não gerou intersecção de sólidos, fornecendo componentes não conectados, sendo inapto para fabricação digital; o *Modelo (2) - Garrafas*, não teve sua modelagem concluída por falta de ferramentas; por isso, o *Modelo (3) - Poltrona* foi o

¹⁵ Douglas Engelbart, engenheiro americano, em sua apresentação “Mother of All Demos” na Joint Computer Conference em São Francisco. <<http://www.doungelbart.org/content/view/243/253/>> Acesso em 21/05/19.

¹⁶ Existem porém, sistemas de interação virtual similares a *DataGlove* (luva de dados), criadas em 1985 pela *VPL Research* (Thomas Zimmerman e Jaron Lanier), que permitem manipular e capturar objetos com gestos mais naturais e intuitivos.

escolhido para a prototipagem rápida, mas precisou ser editado para escala 1:10 antes de ser salvo na extensão .STL.

A impressão foi feita em uma máquina FDM utilizando filamento de PLA verde¹⁷ feito por uma empresa terceirizada. A escolha do material permitiu mais rapidez na confecção do protótipo, que foi produzido em menos de 4 horas e entregue no próximo dia útil. O fato do material escolhido ser biodegradável e ter baixo custo, também permite confeccionar variados protótipos durante o desenvolvimento atingindo cuidados ambientais e recursos baixos.



Figura 10: Objeto modelado em dispositivo de Realidade Virtual e fabricado em prototipagem rápida com impressora FDM. Conteúdo interativo ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

4. Processos alternativos de prototipagem virtual

Considerando as análises anteriores e constatando a dificuldade de criar geometrias em um ambiente de realidade virtual, foi preciso criar alternativas de modelagens imersivas. Assim, surgiram novas hipóteses de criação de protótipos para outros fins, com possibilidades mais dinâmicas:

Sandbox - Realidade aumentada com projeção em areia

O *Sandbox* consiste em uma caixa de areia recebendo uma projeção simples. Nesse teste, foram usadas imagens de satélite a partir da tela do *Google Earth* projetadas em uma superfície de areia planificada, onde foi possível manusear o material para obter áreas com diferentes alturas topográficas. Foram simulados, neste teste, as superfícies topográficas das

¹⁷ Filamento PLA Verde é um termoplástico biodegradável produzido a partir de recursos vegetais, como amido de milho, e tem baixa temperatura de fusão.

idades de São Paulo, Rio de Janeiro, Lisboa, Região do Algarve e costa da Irlanda do Norte. Em todos os casos, a manipulação da superfície durou entre 2 e 5 minutos.

A hipótese é que, esse modelo de protótipo de baixa fidelidade utilizando-se da realidade aumentada, poderia ser usado protótipo de baixa-fidelidade para conceituação e estudo preliminar de projetos urbanísticos, rotas marítimas ou aeronáuticas, com escalas aproximadas de 1:500, 1:1000 ou similares.

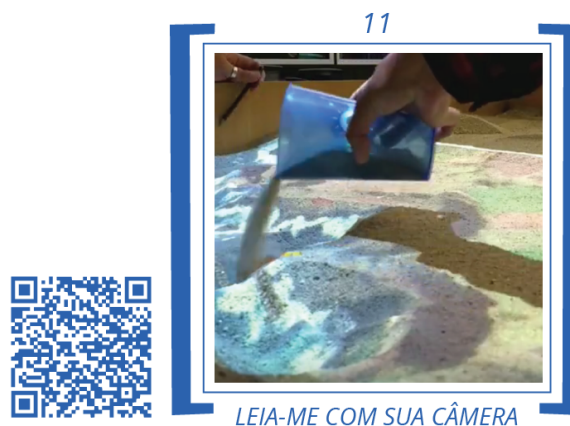


Figura 11: Experiência de superfície topográfica (Irlanda do Norte) com caixa de areia e projeção. Conteúdo interativo pode ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

Armazém de objetos em RV - Protótipo de decoração de ambientes

Utilizando *scripts* do *Unity 3D*, foi possível criar uma hipótese de ambientes interativos, para serem usados como protótipos virtuais na área de arquitetura e design de interiores. Nessa hipótese, seria possível programar uma ambientação em realidade virtual assemelhando-se à um armazém ou loja de produtos, onde o usuário pode interagir, por exemplo, apanhando objetos de uma gôndola para montar a decoração de uma sala de estar.

Estudo de caso 4 - Mercado de dispositivos VR/AR e soluções imersivas

Em uma semana de palestras e oficinas no IMEX¹⁸ do Centro Universitário Belas Artes, foram testados outros dispositivos de experiências imersivas disponíveis no mercado, como:

- Óculos Microsoft Hololens¹⁹ (Realidade Mista): Nessa experiência notou-se que a imersão com holografia têm-se expandido principalmente para profissões que exigem tarefas precisas e que devem ter ambas as mãos disponíveis, como a medicina e algumas indústrias de base. Esse tipo de dispositivo, permite que não haja pausa nas funções e que a visão do usuário possa ser compartilhada com outras pessoas da equipe. Porém, apesar de permitir ao usuário a visão de holografia sobre o mundo físico, o campo de visão virtual, nessa versão do dispositivo, ainda é estreita, além do dispositivo reconhecer poucos gestos de interação.
- Óculos Beenoculus Pico Goblin²⁰: Nessa experiência nota-se que o mercado nacional em vendas dispositivos de realidade virtual tem-se expandido com soluções mais potentes, produzindo óculos (3DOF e 6DOF) com designs mais práticos (sem fio e leves), com especificações de *hardware* avançadas e com valores competitivos ao mercado internacional. Sendo dispositivos promissores para utilização em treinamentos, coordenação e apresentação nas indústrias de base, automobilística e construção civil.
- Treinamentos com Sábios²¹: Nessa conversa nota-se que o uso de gamificação e soluções imersivas, com AR/VR, sala imersiva e *weCog*²², têm-se mostrado como experiências competentes no processo de educação e coordenação de equipes, permitindo trazer indicadores de performance e proposição de decisões estratégicas.



Figura 12: Experiência com Microsoft Hololens (1ª versão de mercado).

Conteúdo interativo pode ser acessado também pelo portal: <www.camilaghendov.wixsite.com/conteudosinterativos>.

¹⁸ Laboratório de Experiências Imersivas do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.

¹⁹ Experiência feita com o Designer Alexandre Ulson em 31 de maio de 2019.

²⁰ Experiência feita com Heitor Bravi (Sales Account Executive da Beenoculus) em 29 de maio de 2019

²¹ Conversa feita com Demetrius Lima (CEO da Sábia Experience S/A) em 30 de maio de 2019.

²² Mesa digital interativa portátil.

CONCLUSÃO

Ao analisar o resultado das experiências propostas neste trabalho percebe-se que muitas são as barreiras encontradas para a implementação deste processo em empresas. De um lado, os *softwares* VR disponíveis no mercado ainda não são favoráveis para a criação de modelos 3D concomitantemente às reuniões de projeto, pois não garantem a rapidez e otimização do processo. Sendo assim, no cenário da tecnologia atual, é cabível que seja feita produção prévia de um modelo 3D básico utilizando *softwares* CAD tradicionais e posteriormente a edição e análise desse modelo em uma reunião com colaboradores utilizando um *software* VR para coordenação do projeto.

Outra questão encontrada é que, em algumas áreas do mercado, principalmente em pequenas e médias empresas, que contém um orçamento limitado, ainda há uma resistência na inserção de novos dispositivos tecnológicos. Essa barreira econômica é a principal causa que impede a inserção do uso da Realidade Virtual dentro do processo de criação e de desenvolvimento de protótipos, além de julgar-se necessário uma breve capacitação de modeladores-usuários dessa tecnologia e o acerto de *softwares* mais competente para cada fase e tipo de projeto.

Identificando as fraquezas estabelecidas na pesquisa, as próximas etapas são de desenvolver soluções imersivas que se encaixem melhor no mercado de design, a fim de ter metodologias mais rápidas, precisas e menos custosas, que objetivem a criação de produtos tecnicamente mais eficientes. Consequentemente, desmistificar o fato que o uso da tecnologia imersiva pode ser dispendiosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOFORADO, Manoel Guedes. **Metodologia de design mediada por protótipos**. 2014. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Arte e Comunicação, UNESP, Bauru, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110873>>.

_____. **Comunicação intermediada por protótipos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Design) - UFPE, Recife, 2007.

Argelaguet, F., & Andujar, C. (2013). **A survey of 3D object selection techniques for virtual environments**. Computers & Graphics, 37(3), 121–136.
doi:10.1016/j.cag.2012.12.003

CROSS, Nigel. **Engineering design methods: strategies for product design**. Chichester: Wiley, 2000.

CHOI, S.H.; CHAN, A.M.M. **A virtual prototyping system for rapid product development**. Computer-Aided Design 36 (2004) 401–41

Milgram, Paul & Takemura, Haruo & Utsumi, Akira & Kishino, Fumio. (1994). **Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum**. Telemanipulator and Telepresence Technologies. 2351. 10.1117/12.197321.

TORI, R., KIRNER, C., SISCOOTTO, R. editores. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Livro do pré-simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality. Belém, 2006.

ULLMAN, D. G. **The mechanical design process**. 4a Edição. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1997.

Vianna, M.; Vianna, Y.; Adler, Isabel K.; Lucena, B.; Russo, B. **Design Thinking: Inovação em Negócios**. Rio de Janeiro: MJV Press, 2011.

VOLPATO, Neri (Ed.). **Prototipagem rápida: tecnologia e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.