

Design-verse technologies. Registro do processo de desmaterialização digital de objetos por Scan para Realidade Virtual

Rodolfo Nucci Porsani^(*), Mauro Inácio Alves Junior^(**),
André Leonardo Demaison^(***), Lucas G.G. Almeida^(****),
Paula Poiet Sampedro^(*****), Vinicius Santos Andrade^(*****)
y Luis Carlos Paschoarelli^(*****)

Resumo: Nas últimas décadas, as tecnologias emergentes de Escaneamento 3D e Realidade Virtual tornaram-se instrumentos relevantes para o desenvolvimento de produtos, sistemas e serviços inovadores. Por outro lado, ainda existem campos em que tais ferramentas podem trazer contributo expressivo, como por exemplo as abordagens de Usabilidade e Experiência do Usuário. O presente estudo propõe explicar se é possível transpor objetos reais para ambiente de realidade virtual, por meio de tecnologia de escaneamento 3D, mantendo suas características essenciais, tais como dimensões, forma, cor e textura; bem como permitir seu reconhecimento e interação visual humano-artefato. A fundamentação teórica e a compreensão dos fatores e variáveis permitiu aplicar os processos utilizados para digitalização e apresentação dos objetos em realidade virtual. Os resultados apontam para as possibilidades tecnológicas de representação visual realista e eficaz de diferentes artefatos, as quais podem auxiliar em análises e avaliações visuais de dimensões estéticas, simbólicas, emocionais e de usabilidade aparente. Por fim, foi possível compreender os potenciais e limitações das tecnologias e dos processos, bem como são propostas considerações para futuros estudos.

Palavras chave: realidade virtual - metaverso - scan 3D - design de produto - tecnologia - UX.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 221]

^(*) Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus Bauru – São Paulo, Mestre e Graduado em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design (FAAC) da mesma instituição

^(**) Designer; Universidade Estadual Paulista; Bauru; Brasil

^(***) Doutor; Universidade Federal do Paraná; Curitiba; Brasil

^(****) Doutorando; Universidade Federal do Paraná; Curitiba; Brasil

^(*****) Doutora; Universidade Estadual de Maringá; Maringá; Brasil

(*****) Doutor; Centro Universitário Sagrado Coração; Bauru; Brasil

(*****) Professor Titular; Universidade Estadual Paulista; Bauru; Brasil

Introdução

O Design tem ganhado cada vez mais espaço como área projetual multidisciplinar, envolvendo a pesquisa, criação, desenvolvimento, produção e a distribuição de artefatos, sistemas e serviços, que tem como o foco a experiência e os fatores humanos físicos, simbólicos, cognitivos, emocionais e sociais. É responsável por inovações metodológicas, tecnológicas e de materiais, proporcionando soluções adequadas, acessíveis, sustentáveis, seguras, satisfatórias, agradáveis e emocionalmente responsáveis aos usuários (Porsani *et al*, 2022). A área também oferece uma abordagem holística e integrada, que leva em consideração as demandas do usuário, suas limitações e condições ambientais, a inspiração na natureza, a tecnologia disponível e as diretrizes projetuais estabelecidas nas etapas iniciais de ideação (Porsani *et al*, 2023a). Essa abordagem permite a criação de soluções que caracterizam simultaneamente funções práticas, estéticas e simbólicas, alcançando os objetivos estabelecidos no escopo do projeto (LOBACH, 2011).

Neste contexto de inovação, a chamada Indústria 5.0 surge como uma tendência emergente, que está fortemente impulsionada pelo avanço da tecnologia da informação (PEREIRA E SANTOS, 2022). Essa se consolida pela rápida e estável conexão entre as pessoas, máquinas, dispositivos e ferramentas produtivas. No campo do Design Thinking seu impacto se concentra na redução de custos e tempo, otimização e gestão dos processos e recursos, entre outras contribuições (BROWN, 2009).

Posto este cenário, o presente artigo é um relato técnico do processo de escaneamento 3D, digitalização e transposição de artefatos reais para ambiente imersivo de realidade virtual, visando possibilitar avaliações de interações usuário-artefato a nível visual. Faz parte da etapa prática de desenvolvimento ambiental, virtual para coleta de pesquisa de doutorado, vinculada ao Laboratório de Ergonomia e Interfaces LEI; e ao Programa de Pós-graduação em Design da Faculdade de Artes Arquitetura Comunicação e Design - FAAC- Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho- UNESP Bauru - SP Brasil. A questão de pesquisa foi assim definida: é possível transpor objetos reais para ambiente de realidade virtual, por meio de tecnologia de escaneamento 3D, mantendo suas dimensões gerais e aspectos estéticos como forma, cor e textura, permitindo o reconhecimento e interação visual humano-artefato?

Portanto, este estudo teve como objetivo registrar, dentro do âmbito do Design, como as tecnologias emergentes de Escaneamento 3D e Realidade Virtual podem contribuir para área projetual, abrangendo aspectos relacionados à sua inserção no contexto da pesquisa e do desenvolvimento de artefatos, sistemas e serviços inovadores. Estão registrados neste

artigo os principais desafios enfrentados na interação com as ferramentas, softwares, hardwares e aprendizado da tecnologia e a estratégia utilizada para superar tais obstáculos.

2. Fundamentação teórica

Nas últimas duas décadas, aconteceram profundas mudanças tecnológicas apoiadas por novos avanços disruptivos, tanto em softwares quanto nos hardwares. Esta fusão de informação, comunicação e inteligência artificial (IA), bem como demais mudanças, estão provocando uma grande transformação digital (DIDEM et al 2002). Neste cenário Indústria 5.0 coloca um conceito visionário que objetiva a sustentabilidade, a centralidade no ser humano, a resiliência organizacional e a HCI (*Human Computer Interaction*) e também a colaboração humano-máquina como uma tendência para o futuro da indústria (EUROPEAN COMMISSION, 2020 e 2021; DI NARDO e YU, 2021).

O termo Indústria 5.0 vem descrever a próxima geração de fábricas inteligentes. Estas fábricas usam tecnologias como computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), realidade aumentada (AR), realidade virtual (VR) e inteligência artificial (IA) para conectar todos os aspectos da produção. A Indústria 5.0 também se concentra na automação de processos, produção personalizada e manufatura aditiva. Seus principais objetivos são melhorar a eficiência, reduzir os custos e melhorar a qualidade dos produtos, serviços, ambientes e experiências ofertadas (Elangovan, 2021).

Neste panorama, a Tecnologia de Escaneamento Tridimensional se apresenta na indústria aplicada em modelagem, onde permite agilizar o processo de adaptação de elementos físicos para o ambiente virtual, permitindo maior acuracidade e velocidade no momento da obtenção dos resultados. No geral, três tipos de tecnologias são as mais implementadas no funcionamento de um scanner, sendo essas o Escaneamento a Laser, Escaneamento por Luz Estruturada e o Escaneamento por Fotometria e Processamento de Imagem, Bartol (2021).

Por sua vez, a VR é uma interface avançada de interação com usuário, que permite interação com pessoas, inteligências artificiais, ambientes e objetos tridimensionais em tempo real (KIMER et al., 2006). Uma definição proposta por Jerald (2015 e 2016) pontua que a VR é um ambiente digital, imersivo e interativo que simula experiências como se fossem reais. Segundo Tori e Hounsell (2020), esses ambientes podem oferecer experiências e informações que não são encontradas na realidade. São capazes de criar simulações imersivas que permitem aos usuários novas formas de interação e exploração de novos lugares, atividades e experiências lúdicas, dinâmicas e cativantes.

A VR é uma tecnologia que permite interação de forma imersiva em um ambiente digital, sendo frequentemente utilizada para jogos, entretenimento, simulação de treinamento, aprendizagem e ensino, prestação de serviços, pesquisas científicas, tratamentos na área da saúde e demais aplicações (PORSANI et al 2023b). Neste sentido faz-se importante levar em conta o Design para o humano, como proposto por Norman (2006) “Bons designs incluem tudo isto – prazer estético, arte, criatividade e ao mesmo tempo são usáveis, de fácil

operação e prazerosos.” Todos estes fatores, bem como questões individuais e particulares dos usuários para o desenvolvimento de projetos e experiências em VR. LETHONEN et al. (2005) corrobora com esta ideia ao propor que artefatos e ambientes em VR quando bem desenvolvidos e projetados, permitem aos usuários respostas cognitivas e emocionais prazerosas, e contribuem para uma boa experiência do usuário-tecnologia.

3. Material e Métodos

O presente estudo apresenta como principal característica a forma de pesquisa aplicada (PRODANOV e FREITAS, 2013), associado a uma abordagem exploratória e explicativa (GIL, 2010). Neste sentido, foram utilizados instrumentos tecnológicos e, a partir destes, aplicados procedimentos de intervenção, cujos resultados puderam ser analisados, permitindo explicar e concluir as limitações e contribuições dos estudos.

3.1 Instrumentos

O Headset escolhido para esta pesquisa foi o Meta-Quest 2, que possui uma resolução de 1832 x 1920 pixels por olho, Oled, 6GB de RAM e 128GB de memória, Processador Qualcomm Snapdragon XR2, 6 sensores de rastreamento, Microfone embutido, Conectividade Wi-Fi de 6 GHz, Fones de ouvido de 3,5mm, Dois controles Oculus Touch e Sistema Operacional Oculus Android, pesando 546g e custando à época US\$ 399. Foi realizado um upgrade com acessórios de conforto, strap BOBOVR M2Pro, *power bank* extra de 5.200mah (elevando autonomia para 5h), máscara de silicone, e capas de proteção para o equipamento e controles, bem como maleta de transporte. A escolha deste equipamento justifica-se por investigação histórica e comparativo de mercado, custo-benefício e acessibilidade ao orçamento. Esses critérios são melhores descritos por Porsani (2023 C) (Figura 1: à esquerda).

O notebook utilizado para modelagem, programação e renderização em VR: Acer Nitro 5 - AN 515-57, 15', com 15GB de Ram, 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11800H @ 2.30GHz, com Sistema operacional de 64 bits, processador baseado em x64, Placa de Vídeo Intel UHD Graphics 128MB e NVIDIA GeForce RTX 3060 GPU, com 1,5 TB de memória SSDNvme XPG, e um segundo monitor AOC Full HD 19', para auxílio na programação e visualização. (Figura 1: à direita).

O Scanner utilizado foi cedido pelo LEI- Laboratorio de Ergonomia e Interfaces, UNESP-Bauru. O modelo trata-se do EinScan-SE, fornecido pela SHINING 3D, com software próprio EXScan S v3.1.0.1 (Figura 1: inferior), instalado em um notebook LENOVO IDEAPAD Z400. O equipamento utiliza um emissor de luz e dois sensores ópticos aliados à câmera. O emissor projeta um padrão de luz sobre a estrutura a ser escaneada, e os sensores fazem a leitura da reflexão de luz por meio de triangulação. Dessa forma, o software EXScan S v3.1.0.1 interpreta o posicionamento das estruturas e gera uma nuvem de pontos tridimensionais. O scanner possui uma mesa giratória no qual o objeto deve ser

disposto e possui os seguintes requisitos mínimos: Windows 7/8/10 (64 bits), Memória RAM de 16GB ou superior, processador i5 3ª geração ou superior, Placa gráfica 2GB de VRAM ou superior, e monitor: 1920x1080.

As condições ambientais da sala de testes do Laboratório de Ergonomia e Interfaces - LEI foram adequadas, objetivando o conforto aos voluntários da pesquisa. Está caracterizada como uma sala branca, onde se encontram duas mesas dispostas frontalmente e uma cadeira de escritório azul. A iluminação artificial foi controlada seguindo as recomendações da NBR ISO/CIE 8995-1:2013 -ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO e a NHO (2018) - AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM AMBIENTES INTERNOS DE TRABALHO. Tal norma apresenta especificações para Sala de Aplicação e Laboratórios, de maneira que as pessoas possam desempenhar tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. Conforme a norma, o nível de iluminação deve estar próximo a 500 Em lux, 19 UGRL, 80 Ra. Tais níveis atendem também o recomendado na NR 17.5.3 de 26/10/2018, na qual é previsto que em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, seja ela natural ou artificial, geral ou suplementar, sempre apropriadas à natureza da atividade, onde a iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa, projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos. Para a medição e controle ambiental da luminosidade utilizou-se o Luxímetro Digital MINIPA MLM - 1332. O equipamento apontou para o valor de 540 lux, o que atende as diretrizes aqui recomendadas (Figura 2).



Figura 1: À esquerda superior headset Oculus Meta Quest2, à direita superior configuração da central de trabalho. Inferior EinScan-SE em uso. Fonte: Os autores.



Figura 2: Registro fotográfico do ambiente laboratorial real - LEI
com registro de iluminação Fonte: o Autor

O ambiente e os mobiliários tiveram suas dimensões tomadas e serviram de base para uma modelagem e construção do ambiente 3D Virtual, no qual os objetos foram posicionados e serão avaliados sob aspectos simbólicos, emocionais e de usabilidade aparente.

3.2 Procedimentos.

A modelagem do ambiente deu-se por software 3D SketchUp Pro 2021, (Figura3), programa desenvolvido pela companhia de tecnologia Trimble. Este programa é comumente utilizado no ramo de arquitetura e engenharia civil, é considerado extremamente versátil, de fácil uso e rápido aprendizado. Após desenvolvida a modelagem do ambiente e das mesas, uma poltrona e notebook similares foram importados da biblioteca virtual 3D Warehouse, também da Trimble, que é compatível ao SketchUp.

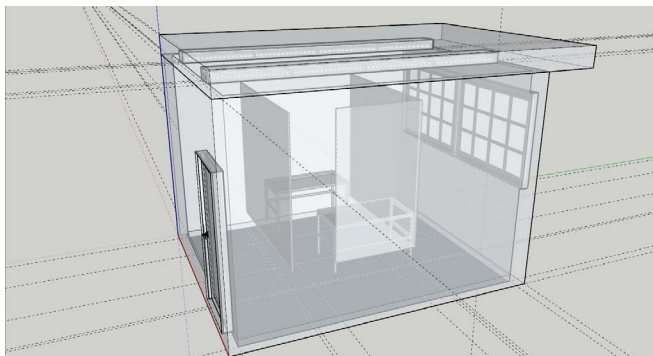


Figura 3: Visualização parcialmente transparente da sala modelada em 3D Sketchup Fonte: o Autor.

O ambiente e mobiliários foram transferidos via *Datasmith*, (recurso de compatibilidade entre diferentes softwares do mercado) para a Unreal Engine (UE) 5.3 - (Motor Gráfico da empresa Epic Games). A UE oferece uma gama de recursos visuais avançados, incluindo renderização de iluminação dinâmica, efeitos de partículas, materiais físicos realistas e gráficos em tempo real, uma variedade de recursos de simulação, como física, movimento, som, AI e uma diversidade de ferramentas de desenvolvimento de cenas realistas.

Dentro da UE implementou-se à iluminação luzes de *HDRIBackdrop* ambiente, luzes artificiais s de temperatura de 6.000k (branco frio) para as 8 lampadas tubulares e 4.000k (quente) para os 6 spots direcionais. (figura 4). Foram adicionados também as configurações de materiais e suas características (rugosidade, refletividade, emissividade, normal de textura, metalicidade, cor de base e oclusão ambiental).



Figura 4: Visualização da bolha do HDRI *backdrop* semi-esférico aplicado ao entorno do laboratório modelado em 3D na Unreal Engine 5. Fonte: o Autor.



Figura 5: Visualização da aplicação da iluminação e texturização interna, comparativo, as imagens à esquerda ambiente real e à direita ambiente VR. Fonte: o Autor.

Foram priorizadas as texturas dos elementos internos que estão à visão dos participantes a partir de uma interação estacionária do usuário (sentado na cadeira). (Figura 5). Objetivou-se o equilíbrio entre a qualidade da resolução e o tamanho do arquivo, uma vez que a otimização da performance é fundamental para exibição no modo *standalone* (sem fio, desvinculado do computador e utilizando somente o processador interno), no dispositivo Meta Quest2.

3.3 Objetos reais

Foram utilizados para este experimento um total de nove artefatos de uso diário, subdivididos em três categorias com três artefatos cada. São elas: CATEGORIA DE HIGIENE PESSOAL - total de três escovas de dentes encontradas no mercado, de cores branca e azul (comuns à categoria) com formas e texturas diferentes; CATEGORIA DE PREPARAÇÃO DE BEBIDAS - total de três espremedores de cítricos encontrados no mercado, com diferentes formas e modos de uso, tendo sua cor padronizada em preto fosco; CATEGORIA DE PREPARAÇÃO DE ALIMENTOS - total de três conchas culinárias encontradas no mercado, com diferentes formas, funcionalidades e apelos estéticos, tendo sua cor padronizada em preto fosco (Figura6).



Figura 6: Objetos selecionados para comparação a nível visual Real-Virtual, foram nomeados da esquerda para a direita de baixo para cima: DS1, DS2, DS3, SUS1, SUS2, SUS3, GEW1, GEW2 e GEW3. Fonte: O autor.

3.4 Escaneamento dos objetos

Para o processo de escaneamento dos artefatos, o scanner foi posicionado sobre uma mesa e mantiveram-se as luzes apagadas e as cortinas fechadas para que a iluminação baixa pudesse favorecer a atuação dos padrões de luz gerados pelo scanner, evitando a interferência de luz externa. Foram aplicadas sobre os artefatos uma camada de spray líquido revelador SPOTCHECK - SKD-S2 da Magnaflux para permitir a leitura dos objetos transparentes ou de cores escuras e com detalhes. Estes artefatos também tiveram

diferentes posicionamientos sobre a mesa giratória do scanner, de modo que o padrão de luz, fixo no modelo EinScan - SE, pudesse cobrir toda a superfície do objeto.

Após calibragem do equipamento, cria-se um “work”, um arquivo que se divide em “projects”, os quais apresenta as pastas “group” e, estes, organizam os “takes”. Cada “take” constitui-se em uma nuvem de pontos, sendo obtidos durante a rotação total da mesa. Os “groups” podem ser alinhados entre si para complementar furos, ou regiões que não foram alcançadas entre os “takes”, facilitando a obtenção de dados. Em relação aos parâmetros, pode-se definir o brilho do padrão de luz, ajustando-o de acordo com a coloração do objeto. Também é possível definir a quantidade de “takes”, sendo possível obter entre 8 e 36 “takes”. Pode-se também selecionar entre o uso de cores e texturas, ou somente o escaneamento tridimensional. Possibilitando ajustar o escaneamento de acordo com cada objeto.

Com as configurações ajustadas, iniciou-se a aquisição dos dados (Figura 7), com o posicionamento do objeto sobre a mesa e rotação do mesmo. Após finalizar a primeira coleta observou-se quais regiões do objeto não foram escaneadas com sucesso, dessa forma posiciona-se o objeto de forma que o padrão de luz alcance essas regiões. Com a obtenção do segundo grupo de pontos pode-se fazer o alinhamento dos grupos, alinhando os pontos a partir da forma geométrica do objeto, assim conseguindo completar a malha em relação aos furos presentes anteriormente. Com os grupos alinhados, gera-se a malha, que seria conectar todos os pontos obtidos formando triângulos uniformemente. Essa malha pode ser editada posteriormente em outros softwares.

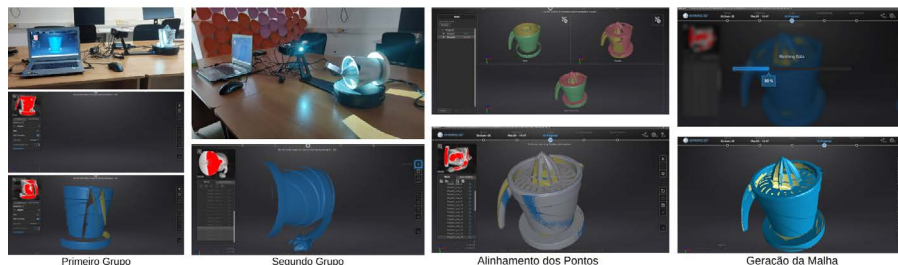


Figura 7. Processo de escaneamento do artefato SUS 2. Desenvolvido pela equipe.

Com o processo de escaneamento completo, iniciou-se a edição das malhas obtidas. Para isso foi utilizado o software GOM Inspect 2022, da ZEISS Quality Suite. A edição foi realizada com o uso das ferramentas da seção de análise e edição de malhas. Com o processo seguindo o fechamento de furos e retirada de ruídos utilizando das ferramentas *Repair*, *Fill Holes*. Para além do GOM Inspect, foi também utilizado o Software gratuito 3D Builder 2023 da Microsoft Apps que possui uma ferramenta de reparo automático de malhas danificadas por meio de IA (Figura 8). Ainda com este programa as malhas foram convertidas do formato .STL para .OBJ. (um dos formatos aceitos pela UE5).

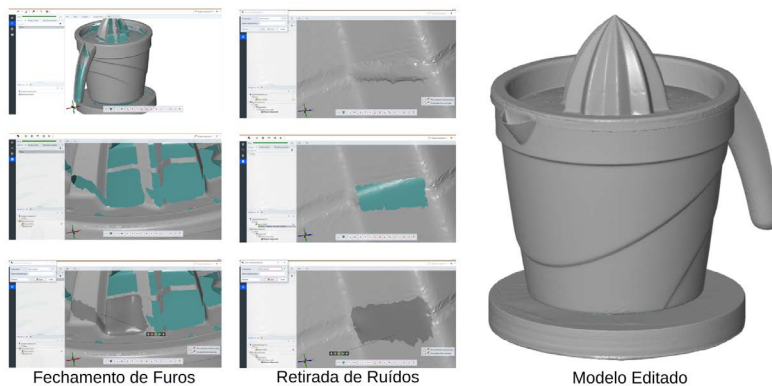


Figura 8. Processo de edição de malha do artefato SUS 2 via GOM.Desenvolvido pela equipe.

artefato	malha crua do scan .stl	tamanho do arquivo	malha pós tratamento .obj	tamanho do arquivo	otimização da malha	otimização do tamanho
SUS1	2.497.812 faces	172,38mb	71.442 faces	2,39mb	97.14%	98.61%
SUS2	2.486.991 faces	183,20mb	130.808 faces	9,70mb	94.74%	94.71%
SUS3	2.116.243 faces	100,92mb	211.371 faces	17,60mb	90.01%	82.56%
DS1	747.082 faces	284,20mb	78.975 faces	5,69mb	89.43%	98.00%
DS2	540.515 faces	311,73mb	65.189 faces	5,27mb	87.94%	98.31%
DS3	530.187 faces	133,80mb	57.905 faces	5,15mb	89.08%	96.15%
GEW1	2.058.753 faces	192,19mb	61.918 faces	4,79mb	96.99%	97.51%
GEW2	1.744.323 faces	83,20mb	65.542 faces	5,33mb	96.24%	93.59%
GEW3	1.723.748 faces	188,75mb	50.364 faces	3,88mb	97.08%	97.94%
total	14.445.654 faces	1.650,37mb	793.514 faces	59,80mb	94.51%	96.38%

Tabela 1: Otimização da resolução das falhas e do tamanho dos arquivos e otimização geral. Fonte: o Autor

Também foi utilizado o *Software* de modelagem digital gratuito BLENDER 3D 2023, da *Blender Foundation*, para edição das malhas em formato .obj . Os principais recursos utilizados foram: *Mesh by Distance* (para unificar e agrupar toda nuvem da malha 3D); *Decimate* (para reduzir a quantidade de pontos da malha e consequentemente o tamanho

do arquivo, otimizado para ambiente VR); *Subdivide Surface* (para aumentar a quantidade de pontos da malha e conseqüentemente a resolução da malha quando necessário); Recurso de *Modeling* para criação de planos de cortes, furos e separação de partes de interesse do objeto (a exemplo das escovas as partes com cores e materiais diferentes; encaixes, subpartes e separação do objeto e da base redonda); Ferramenta *Sculpting* (com os *brushes* de adição, subtração e suavização dos materiais, para uma modelagem de superfície visando uma maior uniformidade, textura lisa e melhor acabamento do objeto.) A otimização de cada um dos objetos, tanto na resolução da malha por faces, quanto no tamanho final do arquivo podem ser verificadas na Tabela 1.

3.5 Implementação dos artefatos na VR

Após a captura, modelagem e otimização do ambiente e objetos virtuais, iniciou-se a etapa de implementação destes objetos no espaço laboratorial em ambiente VR. Utilizando da UE5, os objetos 3D em formato .obj foram posicionados como *static meshes* dentro da categoria *Blueprint Class*, onde é permitido a configuração de diversas características de interação diferente, programação de movimentos, animações, ações e interações com menus e demais elementos em cena.

A classe de *blueprint (BP)* que permite criar lógica, instâncias e comportamentos interativos para objetos, onde cada instância da classe pode ter propriedades e comportamentos exclusivos definidos dentro do blueprint. Isso permite uma grande flexibilidade, pode definir variáveis, funções, eventos, e conexões lógicas para controlar como o objeto se comporta e interage com o ambiente do jogo e com o jogador. Foram utilizadas *blueprints* para todos os objetos móveis (*atores*) interativos (9 produtos, mensagens que aparecem e desaparecem, teste para aferição de visão, menu interativo, player e para cada material e textura aplicados na cena.

3.6 Das texturas e materiais dos objetos 3d em cena

As texturas dos componentes do ambiente como piso, paredes, tapumes, teto, luminárias, mesas, cadeira e computador apesar de não ser o foco de observação do usuário (que deve analisar os objetos na base rotativa ao centro da mesa) foram configurados com materiais otimizados que pudessem transmitir sensação de realismo ao tempo que não desviasse a atenção do observador.

Por padrão adotado pela UE5, todas as texturas devem ser importadas com resolução em proporção 1x1 ou 1x2, em múltiplos de 2 (ex: 512x512 ;512x1024; 1024x1024; 1024x2048; 2048x2048 pixels), para construção do *lightmap* (efeito aplicado da luz) e adequação das proporções dos objetos. As resoluções recomendadas para execução em modo *standalone* (usando o processamento interno do headset) são de texturas de 1024x1024 pixels de acordo com a complexidade da cena, onde deve-se sempre levar em conta a taxa de *FPS (frames per second)* mínima de 60fps, e o limite de processamento máximo de renderização para o Óculos Quest 2 de 200 MiB por imagem (aproximadamente 210 mb),

devido manter-se abaixo disso para não incorrer em atrasos de imagem, e problemas de visualização.

Para aplicações em modo PCVR (via cabo, com renderização utilizando o processamento e placa de vídeo de um computador ou laptop conectado ao *headset*), as resoluções, complexidades dos cenários, objetos, texturas e iluminação podem ser maiores, melhores e mais realistas, desde que respeite a taxa de atualização recomendada de *60fps*, se adequando ao potencial da placa gráfica do equipamento de renderização.

São apresentadas na imagem a seguir a texturas do ambiente: tampo da mesa em fôrmica e base de ferro, parede e teto, vidros da porta e janela, tecido do tapume, material emissivo da luz, cromado dos espelhos internos da luminária, tecido azul e plástico preto da cadeira, chão de granilite e material *frenel* fantasma para mão. E as texturas aplicadas aos objetos foco do estudo, que podem ser separadas em dois grupos: Grupo multi material (DS1, DS2 e DS3) e Grupo monomaterial (SUS1, SUS2, SUS3, GEW1, GEW2, GEW3). No primeiro grupo os objetos escolhidos apresentam características projetuais de variadas partes, conexões e com materiais distintos, onde é possível de se notar indícios do processo produtivo por injeção plástica (encaixes dos moldes e pontos de injeção). Neste mesmo grupo observa-se que para além da diferença dos materiais e da cor aplicada, é visível diferenças nas configurações de textura na rugosidade, brilho e transparência entre as partes componentes. O segundo grupo (Monomaterial) é composto por 3 espremedores de cítricos e 3 conchas culinárias que eram inicialmente de cor preta todos opacos, contudo com diferentes características de refletividade e rugosidade foram propositadamente envolvidos com uma pintura preta fosca em spray, padronizando tais características e mantendo o aspecto plástico. Figura (9).

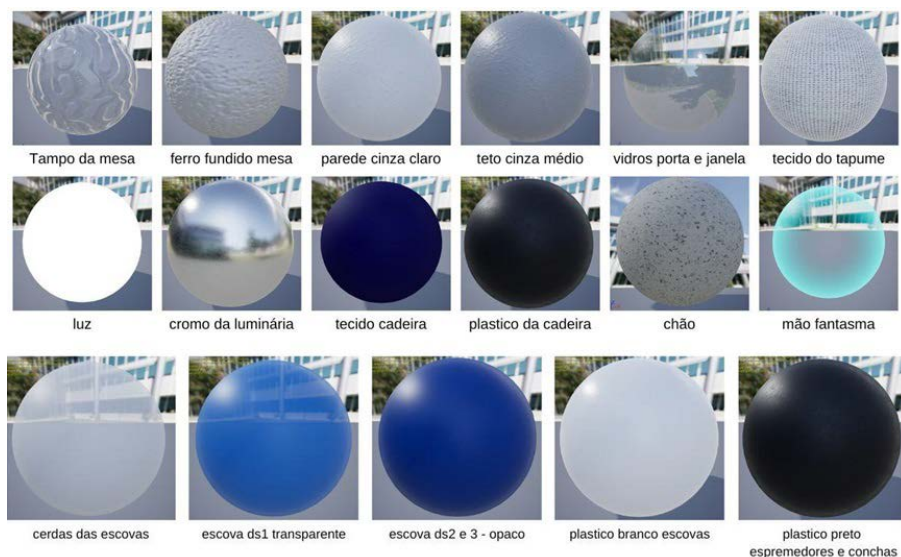


Figura 9: Detalhes dos materiais do ambiente laboratorial e dos objetos Fonte: o autor

Tais características observadas nos modelos reais foram emuladas nos modelos virtuais, cerdas levemente transparentes para imitar os fios de nylon, corpo em branco opaco com variedades de reflexos e rugosidades, empunhaduras em azul opaco, rugoso, simulando PU ou emborrachado, e na escova DS1, material mais claro, translúcido e reflexivo para transmitir a característica de transparência. Nos espremedores e conchas aplicado material opaco, na cor preta, com baixa refletividade e brilho, que lembra textura plástica original dos artefatos.

Estas características visuais podem associar a aparência dos objetos a percepções táteis como aspereza ou lisura, dureza ou maciez, temperatura e conforto ao toque. Podem também, por uma percepção sinestésica, resgatar até mesmo à outros sentidos como olfato, audição e paladar, baseadas em experiências prévias dos observadores, influenciando assim em suas percepções acerca do ambiente e artefatos ao seu entorno, como apontam Spence (2018); Norman (2006), Lupton e Lipps (2018), Porsani *et al*, 2022.

Da interface “mão do usuário” optou-se por uma programação de “mão fantasma” que apresenta como características a possibilidade de interação com um menu de ações gerais e a não interação de pega ou manuseio de objetos (variável de restrição escolhida justificada no plano de pesquisa, uma vez que a mesma pesquisa preza pela interação a nível visual sem contato direto usuário-artefato, princípio adotado na etapa de avaliação de objetos reais no ambiente real); e uma caracterização estética que envolve um efeito *shader fresnel*, que permite a transparência ao ponto que realça os contornos de modo suave, onde adotado em conjunto a uma cor azul clara, colabora para sensação estética da “mão fantasma imaterial” que não pode tocar nos objetos, mas interage com o menu.

No modo aferir visão, o participante é apresentado à uma Escala Snellen. Esta ferramenta foi desenvolvida por Hermann Snellen em 1862 (apud Zapparoli *et al*, 2009), considerada fundamental na avaliação visual, frequentemente empregada e já consolidada na prática oftalmológica. Esse teste visa mensurar a acuidade visual do indivíduo, avaliando sua capacidade de discernir detalhes de objetos a uma determinada distância. Consiste em linhas de letras de tamanho decrescente, sendo as letras maiores no topo e as menores na base. A padronização e simplicidade do teste de Snellen proporcionam uma avaliação rápida e eficaz da função visual, tornando-o uma ferramenta valiosa na detecção de problemas oculares e na monitorização da acuidade visual. Este recurso foi adotado para auxiliar o participante ao ajuste de foco do equipamento de VR.

No modo avaliação, apresenta-se um menu com 9 opções de botões (SUS1, SUS2, SUS3, DS1, DS2, DS3, GEW1, GEW2, GEW3) cada botão referente ao objeto real e de mesmo código, que foi previamente escaneado, modelado, otimizado, programado e implementado, obedecendo aos critérios visuais de forma, cor, textura e dimensão do modelo de base. Estes objetos são apresentados sobre uma base cilíndrica rotativa, a 6 rpm (36° por segundo) em sentido horário, por um tempo pré estabelecido de 60 segundos. Posteriormente o objeto é retirado (omitido da renderização), aparece um informativo ao voluntário para retirar o *headset* e responder os respectivos protocolos na interface do computador fora da VR. Ao término dos 9 objetos e seus respectivos protocolos, o participante é guiado ao botão modo “Finalizar e sair” que encerra a aplicação e imersão em VR.

4. Resultados

Os resultados apontam para a viabilidade da transposição de objetos reais para o ambiente de realidade virtual por meio de tecnologia de escaneamento 3D, o que indica uma resposta positiva à hipótese levantada. São apresentados a seguir, imagens do ambiente e dos objetos em VR (Figura 10, 11 e 12). Observa-se potenciais significativos para o campo da Usabilidade e Experiência do Usuário e estudos envolvendo UX, Design e VR. A constatação da possibilidade de manter características essenciais, como dimensões, forma, cor e textura, ao transferir objetos para o ambiente virtual destaca o potencial dessas tecnologias para análises visuais.

A representação visual realista e eficaz dos artefatos em VR abre caminho para avaliações aprimoradas das dimensões estéticas, simbólicas, emocionais e de usabilidade aparente. Essa pesquisa contribui também para a definição de diretrizes e considerações para futuros estudos, promovendo um diálogo valioso entre a inovação tecnológica e as demandas das disciplinas relacionadas à interação humano-computador.



Figura 10: Visão do ambiente virtual e da carta de Snellen em 3ª pessoa e em 1ª pessoa em VR. Fonte: Os Autores.



Figura 11: Visão em VR do menu interativo com funções, seguido do ponto de vista do usuário na Fonte: O autor



Figura 12: Exposição geral de todos os objetos a fim de verificação e reconhecimento imagético dos artefatos. Fonte: O autor.

As etapas previamente descritas e suas seqüências de execução são apresentadas resumidamente na Figura 13. Seqüência do processo: Softwares de escaneamento, reparo de malha, modelagem e otimização, programação para implementação em PCVR e *StandAlone*, seguindo os critérios de renderização e processamento de dados; Posterior teste com usuários para verificação da interação, seguindo princípios da HCI e fatores humanos.

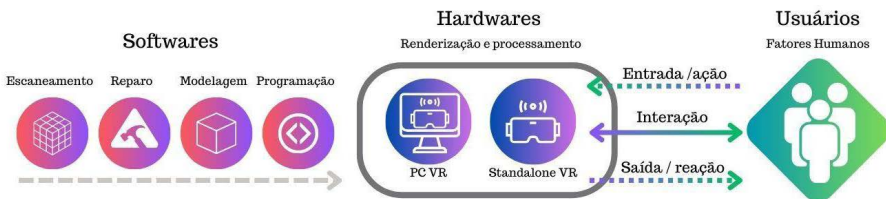


Figura 13 : Seqüência dos processos de integração dos softwares, hardwares e usuários. Fonte: O autor

Neste ponto são expostas áreas e conhecimentos específicos relevantes para o desenvolvimento de experiências em VR, observadas pelos pesquisadores deste presente artigo. Reitera-se que o material apresentado não segue uma descrição hierarquizada, contudo são de importância e se integram no desenvolvimento de um bom projeto em VR.

O estudo de linguagens de programação VR: Dominar C++, C#JavaScript e lógica de Blueprint. Modelagem 3D para criar objetos, texturas e animações visando interações e experiências. A utilização de motores como a Unreal Engine para experiências

VR, destacando-se em jogos, visualizações arquitetônicas e simulações realistas. Os conhecimentos de hardware e configuração de dispositivos VR, sensores e interpretação de movimentos são cruciais. UX/UI e princípios de design garantem experiências acessíveis e intuitivas. Bases em Game Design, abrangendo narrativa, mecânica, estética e jogabilidade, são recomendados.

5. Discussões e Conclusões

A Tecnologia de VR permite aos profissionais de áreas projetuais a desenvolverem seus produtos mais facilmente, rapidamente e com maior precisão. Abre-se possibilidades para a criação de produtos mais acessíveis, eficientes, eficazes e satisfatórios. A utilização da VR podem contribuir para com a área de Design, como ferramenta metodológica não só para o ensino e prototipação, como para testes e validações especialmente dentro da pesquisa em Projeto de Produto, Interiores, Design Ergonômico, Experiência do Usuário e HCI, antecipando avaliações em etapas anteriores à processos de prototipação rápida, como Impressão 3D e Usinagem, economizando assim tempo, energia e matéria prima. Esta tecnologia permite por meio de uma renderização realista, a visualização convincente de ambientes e objetos, estratégia já utilizada por outras áreas, mas ainda pouco divulgada dentro do campo do Design. As principais dificuldades encontradas e suas soluções foram:

Quanto ao processo de escaneamento: o scan utilizado apesar de possuir boa resposta na captura de dados, apresentou restrições em peças maiores como as conchas que ultrapassaram as dimensões limites de mapeamento. Outra limitação observada na prática foram as dificuldades em reconhecimento de superfícies com texturas que refletem muito, deixam a luz passar (translúcidas), ou absorvem muito a luz (pretos), dificultam o processo de escaneamento, mesmo com a utilização de spray revelador. Posto isso, as malhas obtidas demandaram bastante tempo e esforço no tratamento da superfície e na remodelagem de geometrias perdidas.

Quanto aos programas: Os programas utilizados em sua maioria são gratuitos ou possuem versão de teste, ou estudante. Contudo, cada um apresenta limitações específicas, tanto quanto a requisitos básicos de *hardware*, como recursos e funcionalidades semelhantes com nomenclaturas diferentes, o que causa confusão. Outro fator a ser levado em conta é a curva de aprendizado/tempo que varia de programa para programa, possuindo alguns uma interface mais intuitiva e outros mais complexa, cada um segundo sua proposta.

Quanto à mão de obra especializada: Por se tratar de uma tecnologia ainda pouco difundida na América Latina, foi difícil encontrar programadores especializados na área de VR. A solução foi a busca por apoio e orientação nas comunidades e por indicação de amigos, para além de investimentos em cursos e treinamentos para capacitação nos programas utilizados.

Quanto ao aprendizado UE5: Registra-se a dificuldade de encontrar conteúdo online gratuito de qualidade e em português. Boa parte do conteúdo é voltado ao desenvolvimento de *games* e utiliza de linguagem de programação em C ++, que pode ser difícil para quem não conhece dessa linguagem de programação. O conteúdo que mais se aproxima da área de Design e que possibilita um aprendizado mais rápido é direcionados à *archviz (architecture visualization)*, que costuma ser desenvolvido em *blueprint que é* visualmente mais intuitivo.

Dentre principais as limitações nessa etapa de pesquisa podemos apontar: o atraso no cronograma devido às restrições e efeitos da pandemia SARS Covid 19 e a quarentena 2020-2022, que fez com que o projeto sofresse diversas alterações e ajustes. O orçamento limitado que não permitiu a aquisição de softwares e hardwares de ponta, sendo adquiridos os modelos de entrada, com requisitos mínimos necessários à pesquisa, limitando também a qualidade e resolução de imagem do ambiente VR. Para além disso a inviabilização da contratação de um programador específico em VR, onde a solução foi o pesquisador investir tempo e recursos próprios na sua capacitação.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com o apoio da CAPES (N do processo 88887.603703/2021-00) e CNPQ. Agradecimentos ao Laboratório de Ergonomia e Interfaces - LEI (por ceder o espaço físico e o scanner) FAAC-Unesp Bauru.

Referencias

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (2013). ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 - *Iluminação de ambientes de trabalho*. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- BARTOL, K. BOJANIĆ, D. PETKOVIĆ T. AND PRIBANI, Č T (2021) “A Review of Body Measurement Using 3D Scanning,” in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 67281-67301., doi: 10.1109/ACCESS.2021.3076595.
- BROWN, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. Harper Business.
- DI NARDO, M.; YU, H. (2021). *Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution*. *Applied System Innovation*, v. 4, n. 3, p. 45. DOI: <https://doi.org/10.3390/asi4030045>
- BROO, D. G.; KAYNAK, O.; SAIT, M. S. (2022). *Rethinking engineering education at the age of industry 5.0*. *Journal of Industrial Information Integration*, v. 25, n. 100311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>
- ELANGOVA, U. (2021). *Industry 5.0: The Future of the Industrial Economy*. 1. ed. Boca Raton, CRC Press.

- EUROPEAN COMMISSION (2021). *Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry*. Luxembourg, Directorate-General for Research and Innovation.
- EUROPEAN COMMISSION (2020). *Industrial research and Innovation, 2020*. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en. Acessado em: 08/03/2023.
- GIL, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- JERALD, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. ACM Books. DOI: <https://doi.org/10.1145/2792790>
- KIMER, C.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, T. G. (2006). *Case studies on the development of games using augmented reality*. 2006 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. IEEE, p. 1636-1641. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2006.384953>
- LEHTONEN, M.; PAGE, T.; THORSTEINSSON, G. (2005). *Emotionality Considerations in Virtual Reality and Simulation Based Learning*. IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age. p. 26-36.
- LÖBACH, B. (2011). *Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais*. 1. ed. São Paulo: Blucher.
- LUPTON, E.; LIPPS, A. (2018). *The Senses: Design Beyond Vision* (Design Book Exploring Inclusive and Multisensory Design Practices Across Disciplines). Princeton. Princeton Architectural Press
- NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL (2018): *avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho: procedimento técnico / Fundacentro ; equipe de elaboração: Irlon de Ângelo da Cunha ... [et al.] ; colaboração: Milda Jodelis*. – São Paulo.
- NORMA REGULAMENTADORA NR 17 (2002). - *Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora 17. Secretaria de Inspeção do Trabalho*. Brasília: MIE,SIT.
- NORMAN, D. A. (2006). *O design do dia a dia*. 1. ed. Rio de Janeiro, Rocco.
- PEREIRA, R.; SANTOS, N. (2022). *Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria*. Anais do XLVI Encontro da ANPAD - EnANPAD 2022. Maringá. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração.
- PORSANI, R. N.; DEMAISON, A. L.; MARQUES, L. R. F.; PASCHOARELLI, L. C. (2022). *Reflexões sobre design para emoção: percepções no campo da estética do artefato*. CUADERNOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN, v. 159, p. 161-171. DOI: <https://doi.org/10.18682/cdc.vi159.6824>
- PORSANI, R. N.; RAPOSO, F.; MARQUES, L. R. F.; DEMAISON, A. L. (2023 A). *La biomimética y su influencia en el diseño de productos Una breve cronología y el estado del arte*. CUADERNOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN, v. 178, p. 203-222. DOI: <https://doi.org/10.18682/cdc.vi278.8645>
- PORSANI, R. N. TRINDADE, A. B. C.; DEMAISON, A.; PASCHOARELLI, L. C. (2023 B). *‘Avaliações de Design Ergonômico e Experiência do Usuário em Realidade Virtual: Uma Revisão Bibliográfica Sistematizada’*. REVISTA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, (no prelo).
- PORSANI, R. N.; SOUZA, L. R. de, FERNANDES, RAPOSO, Felipe Pereira, DEMAISON, André Leonardo.(2023 C) *Design e Realidade Virtual: breve registro histórico, cenário atual e perspectivas para o futuro*. Anais do Congresso Plural Design 2023, Programa de

- Pós Graduação em Design e Curso de Design da Universidade da Região de Joinville/Univille, (no prelo).
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. (2013). *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 5. ed. Novo Hamburgo, FEEVALE.
- SPENCE, C. (2018). *Gastrophysics: The New Science of Eating*. London. Penguin Books.
- TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (2020). *Introdução a realidade virtual e aumentada*. 3. ed. Porto Alegre. Editora SBC.
- TORI, R.; HOUNSELL, M. S.; KIRNER, C. (2018). *Realidade Virtual*. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). *Introdução a realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: SBC..
- ZAPPAROLI, M.; KLEIN, F.; MOREIRA, H. (2009). *Avaliação da acuidade visual Snellen*. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*. v. 72. n. 6. p. 783–788. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0004-27492009000600008>
-

Resumen: En las últimas décadas, las tecnologías emergentes de Escaneo 3D y Realidad Virtual se han convertido en instrumentos relevantes para el desarrollo de productos, sistemas y servicios innovadores. Por otro lado, todavía hay campos en los que estas herramientas pueden hacer una contribución significativa, como los enfoques de Usabilidad y Experiencia de Usuario. El presente estudio se propone explicar si es posible transponer objetos reales a un entorno de realidad virtual, utilizando tecnología de escaneo 3D, manteniendo sus características esenciales, como dimensiones, forma, color y textura; además de permitir su reconocimiento y la interacción visual humano-artefacto. La fundamentación teórica y la comprensión de los factores y variables permitieron la aplicación de los procesos utilizados para digitalizar y presentar objetos en realidad virtual. Los resultados apuntan a las posibilidades tecnológicas de representación visual realista y efectiva de diferentes artefactos, que pueden ayudar en análisis visuales y evaluaciones de dimensiones estéticas, simbólicas, emocionales y usabilidad aparente. Finalmente, fue posible comprender las potencialidades y limitaciones de tecnologías y procesos, así como propuestas para futuros estudios.

Palabras clave: realidad virtual - metaverso - escaneo 3D, diseño de producto, tecnología, UX.

Abstract: In recent decades, emerging 3D Scanning and Virtual Reality technologies have become relevant instruments for the development of innovative products, systems and services. On the other hand, there are still fields in which such tools can make a significant contribution, such as Usability and User Experience approaches. The present study proposes to explain whether it is possible to transpose real objects into a virtual reality environment, using 3D scanning technology, maintaining their essential characteristics, such as dimensions, shape, color and texture; as well as allowing their recognition and human-artifact visual interaction. The theoretical foundation and understanding of the factors and variables allowed the application of the processes used to digitize and present objects in virtual reality. The results point to the technological possibilities of realistic and

effective visual representation of different artifacts, which can assist in visual analyzes and evaluations of aesthetic, symbolic, emotional dimensions and apparent usability. Finally, it was possible to understand the potentials and limitations of technologies and processes, as well as proposals for future studies.

Keywords: virtual reality - metaverse - 3D scanning - product design - technology - UX.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por su autor]
