

FERRAMENTA FÍSICO-DIGITAL NO AUXÍLIO AO CO-DESIGN EM AMBIENTES DE SAÚDE: UMA SIMULAÇÃO EXPLORATÓRIA

PHYSICAL-DIGITAL TOOL TO SUPPORT CO-DESIGN IN HEALTHCARE ENVIRONMENTS: AN EXPLORATORY SIMULATION

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA FÍSICO-DIGITAL PARA AYUDAR AL CO-DESIGN EN AMBIENTES DE SALUD

Fernando Gargantini Graton¹, Juliana Bambini Mandola¹ e César Imai¹.

RESUMO:

Os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) são edifícios que necessitam de constantes revisões em seus projetos arquitetônicos com o objetivo de melhorar os aspectos de qualidade e segurança para os usuários finais desses ambientes. Uma forma de se estabelecer as mudanças estruturais necessárias nos ambientes de saúde é o entendimento das relações entre os usuários e o ambiente construído, com base no desempenho de suas funções e necessidades ambientais, uma vez que a participação dos usuários no processo de projeto pode trazer benefícios tanto para a satisfação do usuário como para o próprio desempenho dos edifícios. O uso de mockups de simulações virtuais tem apresentado grandes contribuições na análise e avaliação de projetos de ambientes de saúde por possibilitar a imersão do usuário no processo de concepção do projeto. Dessa forma, este artigo tem como objetivo verificar as potencialidades e limitações da utilização de uma ferramenta físico-digital para auxiliar na representação e comunicação no Co-Design. Foi realizada uma simulação exploratória com a utilização de mockups virtuais, com foco nas análises de disposição de equipamentos e mobiliário de um ambiente de saúde de baixa complexidade funcional. A ferramenta físico-digital demonstrada neste artigo se encontra em uma etapa exploratória com o objetivo de uma aplicação final junto aos usuários dos ambientes de saúde, podendo ser utilizada em projetos mais complexos.

PALAVRAS-CHAVE: realidade virtual; maquete tangível; simulação; projeto participativo.

¹ Universidade Estadual de Londrina

Fonte de Financiamento:
Não há.

Conflito de Interesse:
Não há.

Ética em Pesquisa:
Parecer CEP / CONEP
4.693.775 de
05/05/2021.

Submetido em:
13/04/2022
Aceito em:
29/11/2022

How to cite this article:

GRATON, F. G.; MANDOLA, J. B.; IMAI, C. Ferramenta físico-digital no auxílio ao co-design em ambientes de saúde: uma simulação exploratória. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v17, n4, 2022.

<https://doi.org/10.11606/gtp.v17i4.196625>

ABSTRACT:

Health Care Establishments (EAS) are buildings that need constant revisions in their architectural designs in order to improve quality and safety aspects for the end users of these environments. One way to establish the structural changes in healthcare environments is to understand the relationships between users and the built environment, based on the performance of their functions and environmental needs, since the participation of users in the design process can bring benefits both for user satisfaction and for the buildings' own performance. The use of virtual simulations mockups has presented great contributions in the analysis and evaluation of projects of health environments for allowing the immersion of the user in the process of the project conception. This article aims to verify the potential and limitations of using a physical-digital tool to assist in representation and communication in Co-Design. An exploratory simulation was developed using virtual mockups, focusing on the analysis of equipment and furniture arrangement in a health environment with low functional complexity. The physical-digital tool in this article is at an exploratory stage with the objective of a final application with users of health environments, which can be used in more complex projects.

KEYWORDS: virtual reality; tangible mockup; simulation; participative design.

RESUMEN:

Los Establecimientos de Salud (ES) son edificios que se someten a constantes revisiones en sus diseños arquitectónicos con el objetivo de mejorar aspectos de calidad y seguridad para los usuarios finales de estos entornos. Una forma de establecer los cambios estructurales necesarios en los ambientes de salud es comprender las relaciones entre los usuarios y el entorno construido, en función del desempeño de sus funciones y las necesidades ambientales, ya que la participación de los usuarios en el proceso de diseño puede traer beneficios tanto para la satisfacción del usuario y para el desempeño de los edificios. El uso de maquetas de simulaciones virtuales ha presentado grandes aportes en el análisis y evaluación de proyectos de ambientes de salud por permitir la inmersión del usuario en el proceso de concepción del proyecto. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo verificar el potencial y las limitaciones del uso de una herramienta físico-digital para ayudar en la representación y comunicación en Co-Design, además de identificar inconsistencias en la programación de software y en el comportamiento de los objetos virtuales. Se realizó una prueba de verificación a través de una simulación exploratoria de factibilidad y usabilidad con el uso de maquetas virtuales, donde el foco estuvo en el análisis de la disposición de equipos y mobiliario en un ambiente de salud. La herramienta físico-digital demostrada en este artículo aún está en desarrollo y necesita ajustes para su aplicación final con usuarios de ambientes de salud.

PALABRAS CLAVE: *realidad virtual; maqueta tangible; simulación; proyecto participativo*

INTRODUÇÃO

Os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) são edifícios que necessitam de constantes revisões em seus projetos arquitetônicos devido às atualizações de tecnologias, inovações de materiais, processos de construção e gestão dos espaços, com o objetivo de melhorar os aspectos de qualidade e segurança para os usuários finais, tais como médicos, enfermeiros, pacientes, entre outros (CAMELO; SOUZA; BITENCOURT, 2021). Além disso, a crise de saúde mundial estabelecida em razão da pandemia do Covid-19 pode ser considerada como um acontecimento relevante para se promover a evolução e difusão das inovações de projetos arquitetônicos de saúde, visto que normalmente esses projetos são influenciados por mudanças sociais, decisões políticas, guerras, tendências arquitetônicas e avanços tecnológicos (MOSLEHIAN; KOCATURK; TUCKER, 2020). Os EASs, como conhecemos hoje, precisarão ser atualizados às novas demandas, pois os ambientes de saúde não serão mais os mesmos após o Covid-19 (TOLEDO, 2020; FURUYA; ALVES; COSTEIRA, 2020) e todas as experiências apreendidas neste período poderão ser utilizadas como base para geração de requisitos de projeto.

Uma forma de estabelecer as mudanças estruturais necessárias nos ambientes de saúde é o entendimento das relações entre os usuários e o ambiente construído, com base no desempenho de suas funções e necessidades ambientais. Para Carvalho (2014), alguns fatores funcionais dos edifícios de saúde podem ser analisados por meio de pré-dimensionamentos e simulações, no intuito de melhorar as condições sanitárias das atividades realizadas internamente. Esses fatores considerados são: “a suficiência de espaços; a disposição de equipamentos e mobiliário; o conforto ambiental relativo à iluminação, ventilação, temperatura, umidade e aspectos sonoros; a circulação de pessoas e insumos; e a setorização de espaços” (CARVALHO et al, 2021, p.143). Os modelos de pré-dimensionamento podem ser desenvolvidos basicamente através de três modos: normativo – dimensionamento de ambientes estabelecidos em leis e normas técnicas; analógico – informações integrais ou parciais e referências pré-existentes; e funcional – análise das atividades que ocorrem dentro dos ambientes (CARVALHO, 2014).

Os edifícios hospitalares são considerados organismos complexos, os quais abrigam diferentes funções e atividades, mudanças estruturais, tipos de usuários e fluxos, equipamentos e legislações (DARIVA; MARCONSINI, 2020; CAMELO; SOUZA; BITENCOURT, 2021). A quantidade de variáveis envolvidas e as complexidades inerentes ao projeto criam, muitas vezes, a necessidade da utilização de equipes multidisciplinares de profissionais e gestores na programação arquitetônica destes edifícios, além da participação dos usuários finais (CARVALHO, 2014; MACHRY et al, 2018; WAROONKUN, 2020). Segundo Bullinger et al (2010), apenas o conhecimento dos especialistas não será suficiente para avaliar o projeto devido ao crescimento de sua complexidade, sendo que “a qualidade do edifício será medida do ponto de vista econômico em razão de como ele atende às expectativas dos usuários futuros” (p. 374).

Pensar o projeto de uma forma colaborativa e participativa pode ser uma abordagem eficiente para enfrentar problemas complexos e mudanças sistêmicas, como os experimentados durante a Pandemia do Covid-19 (BARROS, 2021). Quanto maior a complexidade de um projeto, maior deveria ser a interação e participação dos usuários para poder chegar a resultados muito mais próximos às suas expectativas, opiniões e características regionais.

Desta forma, este artigo tem como objetivo verificar as potencialidades e limitações da utilização de uma ferramenta físico-digital para auxiliar na representação e comunicação no processo de Co-Design, além de identificar as inconsistências da programação do software e do comportamento dos objetos virtuais.

Para a presente proposta serão considerados os regulamentos técnicos (modo normativo) e, em especial, as análises das atividades de trabalho (modo funcional), uma vez que neste modo as atividades exercidas nos ambientes são estudadas através de cenários e simulações para identificar questões de ergonomia, movimentação postural, esforços, entre outros. Nos testes preliminares da ferramenta, serão realizadas análises de disposição do mobiliário e dos equipamentos de um ambiente de saúde de baixa complexidade funcional, para posterior utilização em ambientes mais complexos, como Centros Cirúrgicos (CC) e Unidades de Terapia Intensiva (UTI).

Este artigo foi desenvolvido com base no trabalho publicado no VII Simpósio Brasileiro da Qualidade do Projeto no Ambiente Construído 2021, sendo realizado um maior aprofundamento da base teórica, com destaque para a metodologia de Co-Design Baseado em Experiência e os tipos de Mockups utilizados na área de saúde, além de uma melhor descrição das etapas metodológicas desenvolvidas. Essa pesquisa encontra-se aprovada na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP e no Comitê de Ética em Pesquisa na Universidade Estadual de Londrina, sob o Parecer 4.693.775, emitido no dia 05 de maio de 2021.

CO-DESIGN BASEADO EM EXPERIÊNCIA (CDBE)

Existem evidências de que o ambiente físico pode afetar o desempenho e a satisfação dos funcionários de saúde (médicos e enfermeiros) e dos demais usuários destes locais (BRAMBILLA; REBECCHI; CAPOLONGO, 2019; WAROONKUN, 2019). Sendo assim, a participação destes atores no processo de projeto dos ambientes de saúde pode trazer benefícios tanto para a satisfação dos usuários, como para o próprio desempenho dos edifícios (SANDERS; STAPPERS, 2008; TRISCHLER et al, 2017; CAIXETA; TZORTZOPOULOS; FABRICIO, 2019; MYERSON; RAMSTER, 2017). Quanto maior o nível de envolvimento do usuário no processo de projeto, maiores serão os benefícios, tanto para o usuário, por aumentar o nível de satisfação em relação ao produto final, quanto para o projetista, por ter suas ideias justificadas e legitimadas (CAIXETA; TZORTZOPOULOS; FABRICIO, 2019; OLSSON; BLAKSTAD; HANSEN, 2010).

Diversos autores argumentam sobre o poder do usuário no processo de projeto, tanto em questões de promoção da democracia, quanto em questões de funcionamento do edifício (CAIXETA; TZORTZOPOULOS; FABRICIO, 2019; 2021). A primeira questão está voltada para o empoderamento cidadão e o direito à opinião, conceitos originais do Projeto Participativo Escandinavo (BRATTETEIG; WAGNER, 2016). A segunda questão é considerada como uma metodologia de desenvolvimento mútuo de projeto, entre usuários e profissionais, onde se encontra o Co-Design.

O Co-Design se estabelece com a afirmação de que “os usuários finais podem e devem ser os atores mais importantes no processo de projeto” (SANDERS, 1999, p.1), onde, através de um processo de criatividade coletiva, é possível transformar o formato hierárquico em um processo ativo de parceria e envolvimento (CAIXETA; FABRICIO, 2018). Neste caso, o projetista participa como mediador das tarefas de projeto, oferecendo aos participantes ferramentas adequadas de interação e comunicação de suas ideias e desejos (SANDERS; STAPPERS, 2014). A utilização de técnicas de Co-Design proporciona benefícios para o processo de projeto, benefícios para os clientes e benefícios para as instituições em geral (STEEN; MANSCHOT; DE KONING, 2011).

Outro modelo utilizado para a inserção dos usuários de saúde no processo de projeto é o Co-Design Baseado em Experiência (CDBE), uma metodologia participativa centrada no usuário (WAROONKUN, 2020), originalmente utilizada para identificar as necessidades de alteração dos serviços de saúde, a qual utiliza a participação direta dos usuários como fonte de

informação (CLARKE et al, 2017; RAYNOR et al, 2020). Gager et al (2020) identificaram em sua pesquisa a necessidade de mudanças ambientais físicas que inicialmente não estavam no foco de sua análise. Essa evidência encontrada demonstra o potencial de utilização desse modelo metodológico também para o processo de projetos em ambientes físicos de EASs com foco nos usuários, sejam eles médicos, enfermeiros, funcionários ou pacientes.

Outros estudos também evidenciam o CDBE como uma metodologia apropriada para a participação dos usuários finais no processo de projeto, sendo abordados diversos aspectos arquitetônicos, tais como questões estéticas e de conforto ambiental, alteração de leiaute dos ambientes, inserção de elementos naturais, criação de novos ambientes e sugestões de mudanças no programa de necessidades (CLARKE et al, 2021; DONETTO et al, 2021; JOSE et al, 2021; LOCOCK et al, 2019).

Waroonkun (2019) propõe uma adaptação para a aplicação do CDBE no processo de projeto de edifícios de saúde, realizando uma investigação junto à equipe de enfermagem de um departamento ambulatorial. Esse tipo de modelo de CDBE possibilita a utilização de resultados de Avaliação Pós-Ocupação (APO), bem como resultados de pesquisas de Projeto Baseado em Evidência (PBE), aplicados com uma visão focada em questões locais e regionais de um projeto (WAROONKUN, 2019; 2020). O PBE utiliza evidências científicas para orientar questões de projeto, com base na significativa relação entre o ambiente construído e os resultados relacionados à saúde dos pacientes (BRAMBILLA; REBECCHI; CAPOLONGO, 2019).

O CDBE possui uma estrutura de levantamento de dados flexível, a qual deve ser adaptada de acordo com o objetivo da pesquisa, onde normalmente ocorrem etapas distintas de entrevistas individuais, grupos focais e sessões de Co-Design com os usuários, sendo eles pacientes ou a própria equipe médica. A sessão de Co-Design na etapa final da pesquisa é uma abordagem vantajosa para designers e pessoas que não estão acostumadas a trabalharem juntas (GAGER et al, 2020). Como exemplo desta estrutura de aplicação, temos o modelo de trabalho de Waroonkun (2020) para um CDBE aplicado em uma unidade de saúde cardíaca (Figura 1).

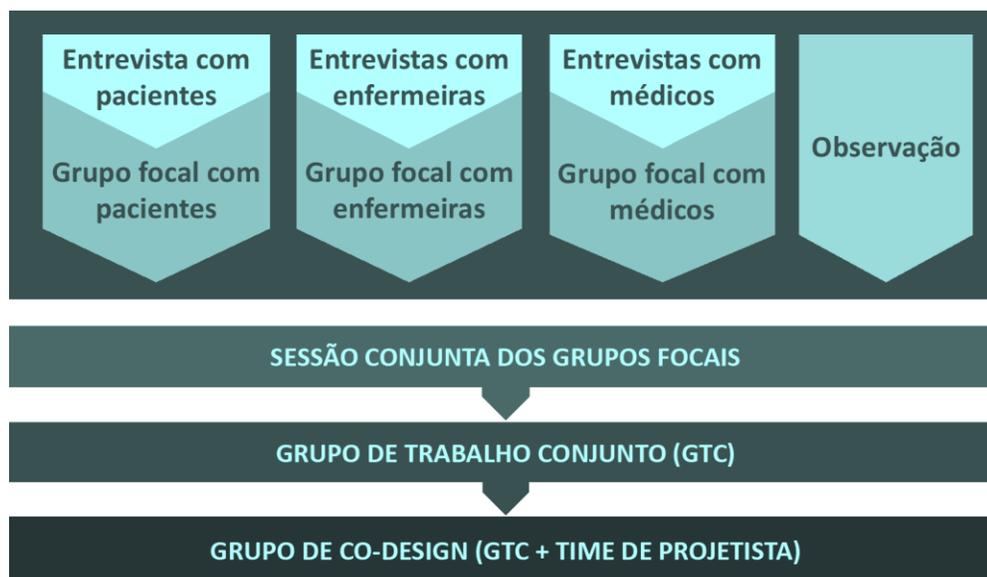


Figura 1. Modelo de plano de trabalho do Co-Design Baseado em Experiência (CDBE)

Fonte: Adaptado de Waroonkun (2020, p.765)

As pesquisas que abordam a experiência do usuário para o processo de projeto (SANDERS, 1999; SANDERS; STAPPERS, 2008) podem ser realizadas através de três perspectivas: sobre o que as pessoas (i) falam, (ii) pensam e (iii) fazem. As duas primeiras, “o que falam e pensam”, são abordadas por métodos de pesquisas tradicionais de observação. Já “o que fazem” pode ser abordada através de ferramentas (toolkits) que facilitam a expressão de seus pensamentos, sentimentos e sonhos.

O CDBE é um modelo que engloba diversos métodos reconhecidamente eficazes e comumente utilizados em pesquisas (questionários, entrevistas e grupos focais) e que, ao final, possibilita o desenvolvimento de um processo ou produto pelos usuários, por meio de sessões de Co-Design em grupo. Entretanto, uma das dificuldades encontradas nesse processo está no nível de participação do usuário final devido à falta de entendimento e compreensão da linguagem arquitetônica utilizada durante as trocas de informações (YABUKI, 2011), uma vez que as representações bidimensionais (plantas, cortes e elevações) são complexas e demonstradas de forma técnica, reduzida e nunca em sua totalidade (SCHNABEL, 2011).

Para facilitar esse processo e reduzir a lacuna de comunicação existente, devemos adicionar discussões referentes ao modo de representação do projeto, melhorando assim a experiência do usuário e fomentando a discussão de novas ferramentas que possibilitem a sua inserção na tomada de decisões. Nesse sentido, Sanders e Stappers (2014) partem do pressuposto de que toda pessoa é criativa e tem capacidade de contribuir na criação de produtos e serviços através de um processo de design generativo e com a utilização de ferramentas generativas. Essas ferramentas ou métodos devem ser desenvolvidos para permitir que médicos e enfermeiros possam participar do projeto de ambientes de saúde (JOUPPILA; TIAINEN, 2021), principalmente no panorama brasileiro, onde esses profissionais são raramente consultados durante o processo de projeto ou em pesquisas relacionadas (ORNSTEIN, 2021).

MOCKUP DE SIMULAÇÃO

Mockups são modelos de simulação físicos ou virtuais baseados na experiência do usuário, com o objetivo de testar e justificar os elementos e soluções hipotéticas de um determinado projeto com a atuação direta dos usuários durante a realização de tarefas e exercícios de trabalho do cotidiano (SACHS et al, 2019). São utilizados para criar um sistema do mundo real e prever possíveis erros e inconsistências do processo de projeto (PEAVEY; ZOISS; WATKINS, 2012). Esses modelos possibilitam a inserção dos usuários finais no processo de projeto com objetivo de influenciar as ações de desenvolvimento dos ambientes, impactando os resultados futuros das edificações, tanto em relação ao desempenho das funções exercidas quanto ao seu custo de criação e manutenção no longo prazo (MACHRY et al, 2018; HQCA, 2016; 2020).

Diversas áreas de estudo utilizam os mockups como modelo de simulação, tanto em casos de situações extremas e perigosas, como em ambientes e protótipos destinados a missões espaciais (CECIL et al, 2018; ANDREWS; SEARCY; WALLACE, 2020; HOCHBERG et al, 2019; BANERJEE et al, 2021). Estes modelos de simulação também são aplicados quando existe o impacto financeiro na repetição de um determinado ambiente, como exemplo quartos e enfermarias hospitalares, ou quando existem dificuldades de simulação em locais reais, como no caso de Centros Cirúrgicos (CC) e Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (MACHRY et al, 2018; SVIDT; SØRENSEN, 2016; WINGLER et al, 2019; SACHS et al, 2019). Outras iniciativas utilizam apenas os recursos de realidade virtual para o auxílio ao desenvolvimento de projetos na área de saúde, como no caso do projeto ProCure21+ (2016), conduzido pelo National Health System (NHS) do Reino Unido. Esse programa desenvolveu o “Aplicativo de salas repetíveis e componentes padrão”, com o objetivo de gerar uma padronização de elementos de projeto, e assim, reduzir os custos finais de investimentos, melhoram a experiência dos pacientes e os resultados de assistência médica.

O Health Quality Council of Alberta (HQCA, 2020) realizou um estudo comparativo dos três tipos de mockups utilizados em pesquisas de projeto de saúde para analisar diferentes critérios referentes à simulação e sua eficiência (Quadro 1). Os resultados demonstram uma importante aceitação, por parte dos usuários, na utilização de todos os tipos de mockups para a simulação de ambientes de saúde, com destaque aos resultados positivos dos Mockups de Realidade

Virtual (MRV). O uso dos MRV cria a possibilidade de avaliação de diversos quesitos com resultados muito próximos ou superiores aos demais tipos de mockups, tais como estudo de fluxos e processos de trabalho; posicionamento de suprimentos; análise de usabilidade de móveis; acessórios e equipamentos; configuração da unidade; entre outros, além de aumentar o nível da sensação de contribuição dos usuários no resultado final do projeto em estudo (HQCA, 2020).

Tipo	Descrição	Exemplo
Mockups simples	São os mais baratos e construídos de forma simples, porém existem diversas restrições. Normalmente são utilizados materiais baratos, como papelão ou simplesmente demarcando os limites do ambiente no chão com fita adesiva.	
Mockups detalhados	São mais caros para serem construídos e possuem mais detalhes que se aproximam do ambiente real. Podem ser construídos com paredes de madeira e mobiliário próprio.	
Mockups de Realidade Virtual (MRV)	São simulações virtuais imersivas que demonstram em detalhe o ambiente estudado. Ainda estão em fase de estudo, mas poderão ser efetivamente utilizadas em um futuro breve, em razão de sua rápida execução, resultados relevantes e o barateamento da tecnologia de RV (software e hardware).	

Quadro 1. Tipos de Mockups

Fonte: Adaptado de HQCA (2020)

Os Mockups simples ou detalhados são explorados em pesquisas que propõem modificações na configuração dos ambientes, os quais podem alterar em tempo real a composição do local e modificar as relações entre ambientes adjacentes. Algumas pesquisas utilizam maquetes físicas em escala real que podem ser modificadas na busca de soluções alternativas de projetos, incluindo reconfigurações dos ambientes, modificações do leiaute, locação de móveis e acessórios, assim como simulações de atividades e funções exercidas nos ambientes (LAVENDER et al, 2020; PATTERSON et al, 2019; MACHRY et al, 2018).

Svidt e Sørensen (2016) utilizam os mockups para simulação de ambientes de saúde de uma forma híbrida, com a comparação entre os ambientes físicos e virtuais. Para facilitar a manipulação dos objetos físicos no AV, os autores desenvolveram um protótipo baseado em uma tela multitoque com a planta digital 2D de um ambiente hospitalar, onde os usuários são estimulados a organizar o seu leiaute para posterior experiência do projeto em RV. Wingler et al (2019) realizaram comparações entre diversos tipos de mídias para auxiliar na comunicação com os usuários, tais como plantas baixas, perspectivas, mockup físico e mockup virtual. Os

autores buscaram avaliar aspectos do projeto, tais como funcionalidade, desempenho de trabalho, atributos espaciais e qualidades estéticas. Os resultados obtidos mostram que os mockups físico e virtual possibilitam um melhor entendimento e compreensão dos aspectos ambientais por parte do usuário, em comparação com as demais mídias.

Os MRVs são preferidos em muitos casos por serem fáceis de modificar, seguros e econômicos (FRIEMERT et al, 2018; BANERJEE et al, 2021; WINGLER et al 2019), porém, essa ferramenta ainda é pouco explorada para projetos de saúde (HQCA, 2020). Uma das razões pode ser a dificuldade de manipulação dos objetos dentro do ambiente virtual pelo usuário (CAIXETA; CAMELO; FABRICIO, 2018), já que a interação no Ambiente Virtual (AV) imersivo é um elemento chave para a melhoria do processo de entendimento e pertencimento por parte do usuário (RUBIO-TAMAYO; BARRIO; GARCÍA, 2017; SOUZA, 2018; BALTAZAR et al, 2014).

Utilizando as contribuições descritas por Svidt e Sørensen (2016), Arrighi e Mougén (2019) e Maurya et al (2019), entende-se ser possível a utilização do MRV em conjunto com uma maquete física em escala reduzida, podendo proporcionar ao usuário um AV de maior imersão e interação, assim como resultar em experiências muito mais envolventes e contribuições de projeto mais satisfatórias.

As maquetes físicas são meios de representação muito utilizados na comunicação de projetos arquitetônicos e recomendados para o uso em processos de Co-Design (SANDERS; STAPPERS, 2008; AZUMA, 2016; CAMELO; SOUZA; BITENCOURT, 2021) em razão da sua facilidade de comunicação, entendimento e manipulação por parte dos usuários. São modelos físicos icônicos que possibilitam a representação das propriedades físicas dos objetos, mantendo o formato original e modificando a sua escala de apresentação (CONSALEZ; BERTAZZONI, 2015; SERRA, 2006).

A proposta de uma ferramenta que possibilite a interação direta sobre o ambiente virtual se baseia nos conceitos das Tangible User Interfaces (TUI) de Shaer e Hornecker (2009), que utilizam artefatos físicos (por exemplo maquetes físicas) como suporte de ligação e “interação baseada em realidade” com o ambiente virtual (JACOB et al, 2008; apud SHAER e HORNECKER, 2009). Esta interação com a informação digital se torna mais semelhante à interação com o mundo real, promovendo assim um melhor diálogo entre o especialista e as partes interessadas. Tal sistema possibilita a manipulação física dos objetos de uma forma intuitiva e objetiva, através de ações reais e de forte iconicidade e reconhecimento.

A definição das TUIs está relacionada diretamente ao Continuum da realidade - virtualidade de Milgram et al (1994), encontrando-se dentro do espectro da Realidade Mista e podendo ser considerada como virtualidade aumentada (Figura 2). Nesta configuração, existe a possibilidade de mapear elementos virtuais vinculados a objetos físicos reais manipulados pelo usuário (ARRIGHI et al, 2016).

As pesquisas de Maquil (2016), Arrighi, Maurya e Mougén (2015), Arrighi e Mougén (2019) e Maurya et al (2019) utilizam os conceitos de TUIs ao desenvolver ferramentas facilitadoras na comunicação entre pessoas (designer e usuário) ou como um mecanismo amigável e de fácil compreensão para o Co-Design em ambientes virtuais. Esse tipo de conceito busca facilitar as interações no mundo digital a partir de ações realizadas no mundo real por meio de modelos físicos correlacionados, sem a necessidade de utilização de interfaces tradicionais como mouse e teclado. Essas ferramentas se mostram mais eficazes ao permitirem explorar o AV de uma forma muito mais intuitiva e natural (SUN; HU; XU, 2019; AMICIS; FIORENTINO; STORK, 2001), utilizando os conhecimentos tácitos dos usuários.



Figura 2. Continuum da Realidade - Virtualidade

Fonte: Adaptado de Milgram et al (1994)

Para a visualização do mundo virtual e interação dentro da virtualidade aumentada, faz-se necessária a utilização de óculos de RV para viabilizar a experiência imersiva. Sobre as configurações do AV, alguns conceitos devem ser considerados, como o seu grau de realismo configurado em softwares especializados. Desta forma, os usuários são capazes de responder ao AV da mesma forma que responderiam em um ambiente real e de acordo com o seu contexto (JOSEPH; BROWNING; JIANG, 2020).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente artigo, foi realizada uma revisão narrativa de literatura (CORDEIRO et al, 2007; FERENHOF; FERNANDES, 2016) com base no problema e nos temas relacionados à pesquisa, onde foram identificados os materiais e métodos utilizados para a elaboração de artefatos físico-digitais em pesquisas de Co-Design. A partir da identificação, foi proposto e desenvolvido um protótipo experimental, utilizando uma maquete física tangível interligada a um MRV para possibilitar a realização de uma simulação exploratória e verificar as potencialidades e limitações de sua utilização. Por meio de um processo iterativo, buscou-se avaliar a ferramenta e identificar as inconsistências da programação do software e do comportamento dos objetos virtuais. Por fim, foram demonstrados os resultados esperados, generalização e limites da pesquisa. O processo deste trabalho pode ser observado na Figura 3.

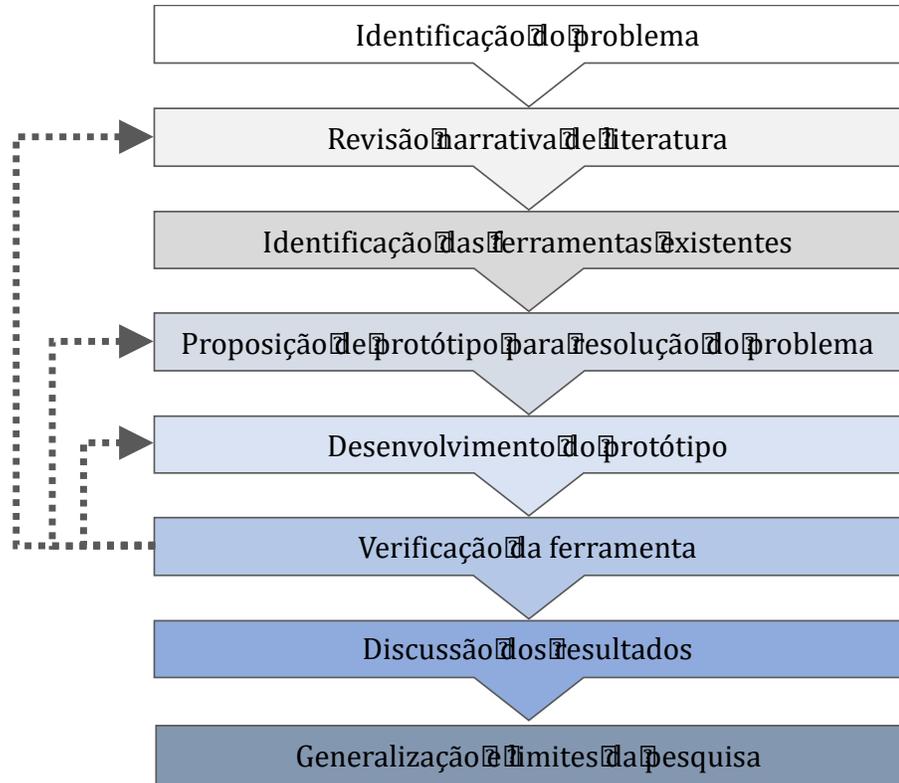
O teste de verificação da ferramenta descrito a seguir não objetivou a avaliação do projeto demonstrado, apenas apresenta a situação atual de desenvolvimento do ferramental para a sua aplicação em um futuro estudo com os usuários.

Para a proposição e o desenvolvimento do protótipo, foram utilizados os seguintes recursos materiais e digitais:

- **Mesa tangível:** A mesa tangível foi confeccionada em MDF com as dimensões de 0,30x0,30x0,50 metros (LxPxA), com fechamento superior em vidro antirreflexo de 2mm. No seu interior foi instalada uma fita de LED para a retro iluminação dos objetos (Figura 4a). Na base foi fixada uma webcam FHD 1080P - Kross, com foco manual, para a leitura dos marcadores da maquete física e sobre o tampo de vidro da mesa tangível foi colocada a base vazada do ambiente para orientar a colocação dos modelos físicos e limitar a dimensão do ambiente;

Figura 3. Fluxograma da pesquisa

Fonte: Autores



- **Maquete física tangível (TUIs):** Foram utilizados modelos físicos de equipamentos e mobiliário de saúde na escala de 1:12,5 confeccionados em papel triplex e com um marcador fiducial fixado em sua base (Figura 4b). O marcador fiducial possibilita que a webcam da mesa tangível possa ler e rastrear os objetos inseridos (SILVA; NUNES; MEDVEDOVSKI, 2021; CUPERSCHMID; SOUZA, 2021);
- **Mockup de Realidade Virtual (MRV):** o MRV foi modelado no Software Sketchup (Figura 4c) e depois exportado para o Software Unity Engine 2021 (motor de jogos) para realizar a configuração dos comportamentos dos modelos 3D. Foi criado um script na programação C#, possibilitando que os marcadores de Realidade Aumentada (RA) fossem lidos e projetados dentro do AV. Todos os processos foram realizados em um computador Windows com processador Intel Core i7 10ª geração, com 32G de RAM e placa de vídeo GEFORCE RTX 2060. Foi utilizado o projeto de uma sala de coleta de materiais, baseada nas diretrizes do Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde (SOMASUS, 2021), uma ferramenta online elaborada pelo Ministério da Saúde para orientar no desenvolvimento de projetos vinculados ao Sistema Único de Saúde;
- **Óculos de RV:** Foi utilizado o Oculus Quest (Figura 4d) para realizar a simulação imersiva do modelo de RV criado. Para possibilitar a comunicação entre o computador e o dispositivo, foi utilizada uma conexão via Wi-fi através de programas próprios para essa função: Virtual Desktopii, Aplicativo Steam VRiii e Plugin Steam VR (visualização do ambiente em primeira pessoa).

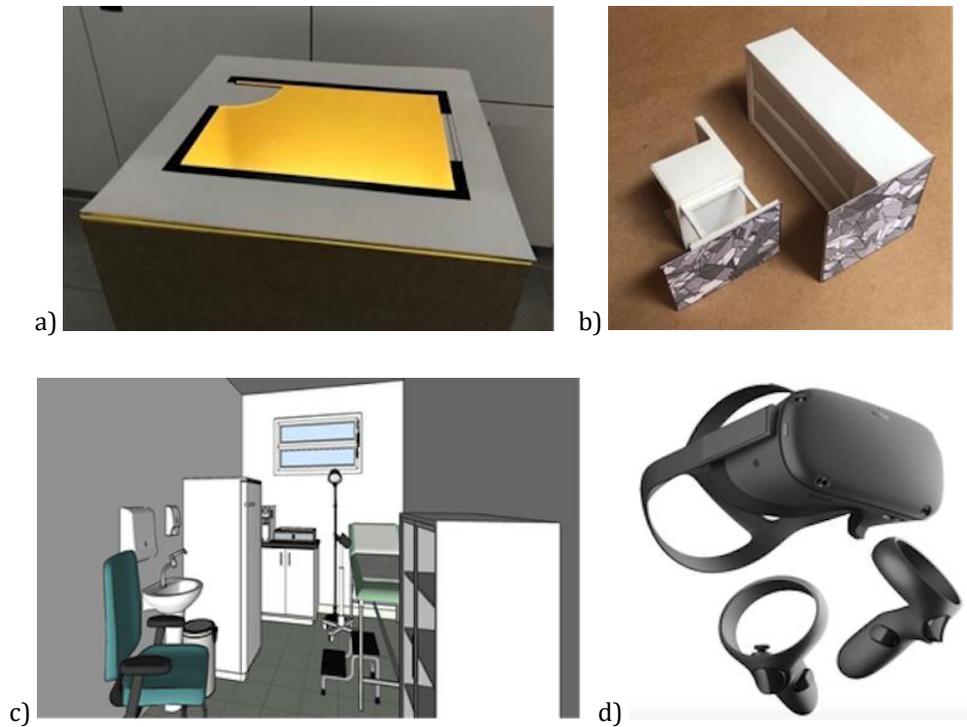


Figura 4. Recursos utilizados:
 (a) Mesa tangível com cartão do ambiente
 (b) Maquete tangível com marcadores
 (c) Modelo Sketchup
 (d) Oculus Quest

Fonte: Autores;
<https://www.oculus.com>

Na Figura 5 é possível observar uma proposta da estrutura da interface de manipulação conjunta entre a maquete física e o MRV.

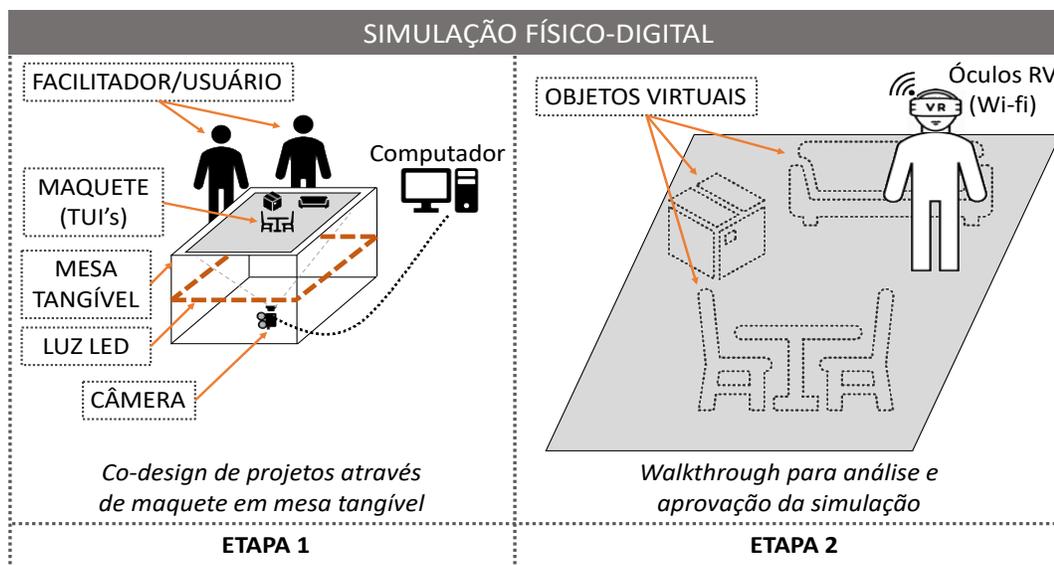


Figura 5. Estrutura do artefato físico-digital

Fonte: Autores

O processo é composto por duas etapas (Co-Design físico e simulação virtual) conforme podemos observar a seguir:

- **Etapa 1:** o facilitador (pesquisador/projetista) e o usuário co-projetam um determinado ambiente, podendo movimentar e posicionar a maquete física em escala (objetos tangíveis) conforme sua necessidade sobre a mesa tangível. Neste momento é possível a interação direta do usuário com o facilitador, bem como com outros usuários participantes. O objetivo dessa etapa é gerar uma interface de comunicação acessível

ao participante e de fácil compreensão dos requisitos do projeto através da maquete física. Os modelos dos móveis e equipamentos devem ser posicionados conforme o entendimento do participante, considerando o exercício de seu trabalho e circulações mínimas necessárias;

- **Etapa 2:** finalizada a Etapa 1, o participante é convidado a experimentar o resultado final do projeto realizado na maquete física, por meio do Walkthrough virtual (passeio virtual). O usuário realiza a experiência de imersão virtual no ambiente projetado, onde suas observações poderão ser registradas por vídeo, som e fotos, bem como por meio de questionários e entrevistas durante todo o processo. O usuário visualiza e explora o ambiente virtual com o auxílio dos óculos de RV.

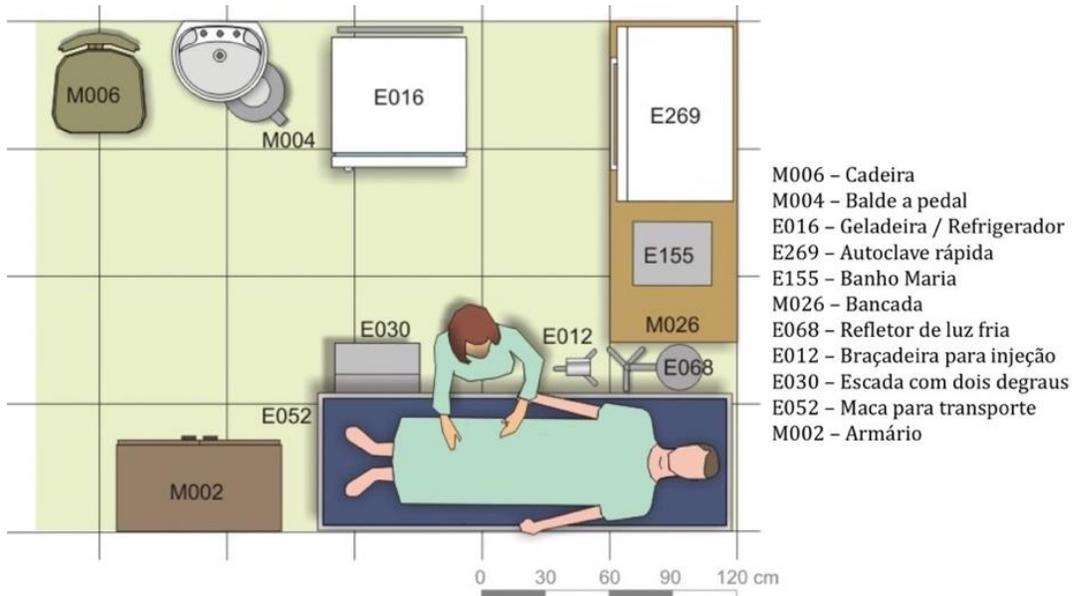
O ambiente de saúde escolhido para o teste de verificação foi a Sala para Coleta de Materiais, por se tratar de um ambiente com dimensões compatíveis e quantidade de móveis/equipamentos adequados com o tamanho da mesa do protótipo a ser testado, além de possuir características de baixa complexidade funcional para facilitar o estudo exploratório. De acordo com o SomaSUS (2021) e a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.50 (BRASIL, 2002), a qual dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde, esta sala deve ter área mínima de 3,60 m², sendo que a área média dos projetos é de 7,95m².

Segundo Cuperschmid e Souza (2021), para cada objeto da maquete física será necessário criar um marcador fiducial diferente para possibilitar sua associação a um modelo digital correspondente. Dessa forma, para a avaliação da ferramenta, foram utilizados marcadores fiduciais com um grande número de arestas para facilitar a sua leitura pela webcam, gerados por um aplicativo Web de marcadores para RA da Brosvision^{iv}. A dimensão do marcador foi estabelecida em função da facilidade de sua leitura pelo sistema, já que marcadores muito pequenos acabam não sendo identificados ou perdendo o vínculo ao serem movimentados.

A seguir, podemos observar o possível leiaute de uma sala para coleta de materiais (Figura 6) e os móveis/equipamentos recomendados para este ambiente, com a sua descrição, demonstração do objeto físico e seu modelo virtual correspondente (Quadro 2).

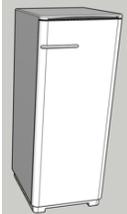
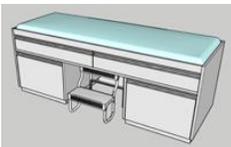
Figura 6. Possível leiaute sala para coleta de materiais

Fonte: Adaptado de SomaSUS (2021)



Quadro 2. Maquetes físicas e modelos digitais

Fonte: Autores

Equipamento	Definição (SomaSUS, 2021)	Maquete física	Modelo digital (Software Sketchup)
Cadeira	Cadeira de uso geral.		
Refrigerador	Equipamento destinado à conservação sob refrigeração e/ou em baixa temperatura de materiais diversos.		
Bancada com autoclave rápida (a) e banho maria (b)	Mesa tipo bancada, para apoio de equipamentos e/ou realização de trabalhos em geral. (a) Sistema de esterilização de instrumentais. (b) Utilizado para aquecer lenta e uniformemente qualquer substância.		
Maca	Utilizada para transportar pacientes em condições restritas, dentro de ambientes médico-assistenciais ou em resgates.		
Armário	Armário móvel de aço ou madeira para guarda de materiais diversos.		
Lavatório com balde a pedal e dispensers	(a) Pia padrão utilizada para lavar as mãos, escovar os dentes etc. (b) Recipiente cilíndrico para a coleta de detritos com pedal.		

Essa etapa de verificação da ferramenta físico-digital foi realizada pelos autores e os resultados demonstrados estão embasados nos seguintes critérios de avaliação:

- **Leitura precisa do marcador fiducial:** verificação e identificação de possíveis falhas de leitura do marcador fiducial; definição das dimensões adequadas do marcador fiducial; ajuste da distância e posicionamento da webcam; identificação de erros de programação no Unity Engine sobre o comportamento dos objetos digitais (movimentação nos eixos x e y e rotação); orientação e posicionamento do modelo digital em relação ao objeto físico;
- **Representação análoga do objeto físico dentro do MRV:** verificação da correlação entre o objeto físico e o modelo virtual correspondente; verificação das texturas e acabamentos utilizados nos modelos virtuais, tais como móveis, piso, paredes e esquadrias; verificação das escalas e proporções dos modelos virtuais;
- **Viabilidade de walkthrough virtual imersivo no ambiente projetado:** verificação da facilidade de circulação e correspondência da dimensão do espaço físico utilizado com o espaço virtual projetado; facilidade no uso dos óculos de RV; identificação de inconsistências na comunicação dos óculos via Wi-fi; verificação de interferências e conflitos na visualização.

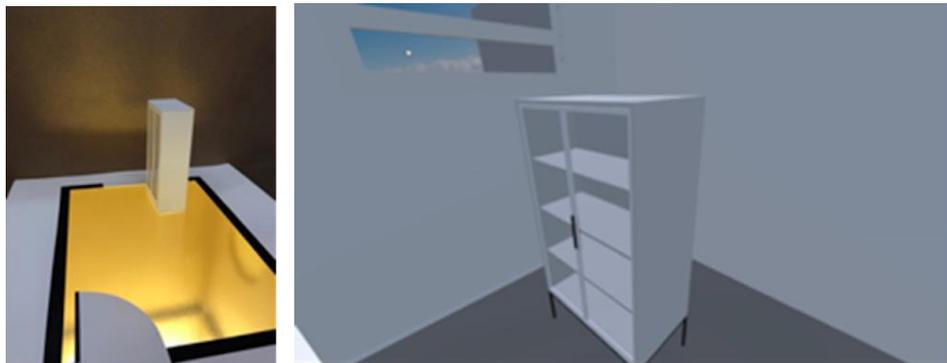
VERIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO

A verificação foi realizada em um ambiente de 3,15x 4,00m (12,60m²), suficiente para comportar a mesa tangível com o computador e um espaço livre para a simulação do walkthrough virtual.

A utilização dos conceitos de Virtualidade Aumentada possibilitou que os elementos físicos fossem interligados aos elementos virtuais através da utilização de marcadores fiduciais, no qual o seu comportamento físico (deslocamento e rotação) era representado digitalmente dentro da MRV. Ao posicionar um móvel sobre a mesa tangível (Figura 7), o sistema realiza a leitura do marcador fiducial fixado em sua base, identifica qual é o modelo virtual correspondente e o insere no ambiente virtual, preservando seu posicionamento e rotação correta (Figura 8).

Figuras 7 e 8.
Posicionamento da maquete física e criação do seu modelo virtual

Fonte: Autores



Os limites físicos do ambiente foram estabelecidos pela base vazada da planta baixa, fixada sobre o tampo de vidro da mesa, na qual eram demonstrados as paredes e o posicionamento da porta de entrada e da janela (Figura 9a). Foram realizados testes de viabilidade e identificação de erros e acertos do processo e do sistema.

Na etapa 1, correspondente ao processo de Co-Design do ambiente, o sistema se comportou conforme esperado, identificando todos os móveis e equipamentos posicionados sobre a mesa e recriando automaticamente os mesmos dentro do ambiente virtual (Figura 9b). Durante a simulação, foi observada uma vibração incômoda, como se o modelo virtual estivesse instável sobre o piso. Para reduzir esta vibração dos objetos virtuais, foi realizada uma programação

C# no Unity Engine, limitando a sua rotação em 0, 90, 180 ou 270 graus, o que facilitou o alinhamento dos objetos nos eixos x e y dentro do AV e resultou na estabilidade dos modelos virtuais.

Por se tratar de um protótipo de estudo, em alguns momentos o sistema demonstrou dificuldades de leitura dos marcadores ou então deixou de rastreá-los. Essas falhas podem estar relacionadas ao tipo do marcador, falha na programação ou qualidade/modelo da webcam utilizada. Em relação a dimensão do marcador fiducial, foi possível identificar que quando as medidas eram reduzidas, a detecção pela Webcam era prejudicada. O tamanho mínimo mais adequado foi de 5x5 cm.

Em razão do marcador estar voltado para baixo (para possibilitar a sua leitura pela Webcam) foi necessário um ajuste no sistema do Unity Engine para que os movimentos dos modelos virtuais fossem interpretados de forma "espelhada". Ao movimentar o objeto físico para a esquerda o seu correspondente virtual estava se movimentando para a direita e vice-versa. A Webcam foi posicionada perpendicularmente em relação ao vidro da mesa, porém foi observado que ao incliná-la, aproximadamente 45 graus, a leitura dos marcadores fiduciais se tornou mais eficiente e robusta. Ainda, em alguns momentos o modelo virtual era inserido em posições erradas em relação ao objeto físico, sendo necessário o seu ajuste manual dentro do software. Este ponto ainda necessita de ajustes e refinamentos futuros para evitar tal inconveniente nas avaliações com os usuários.

Sobre a representação análoga entre os objetos físicos e os modelos digitais não foi constatado nenhum problema aparente (Figura 9c), sendo apenas necessário que cada modelo físico fosse associado a um marcador fiducial, conforme recomendado por Cupers Schmid e Souza (2021). Sobre as questões visuais, os modelos virtuais foram representados no AV na escala esperada (1:1) e a sensação de dimensões e alturas estão de acordo com a realidade. Em relação às texturas e acabamentos, constatou-se que são necessários ajustes e refinamentos para dar uma melhor sensação de realismo, com os detalhes característicos para cada equipamento ou mobiliário, aumentando assim a sensação de presença em razão do grau elevado de realismo do AV perante o mundo real (JOSEPH; BROWNING; JIANG, 2020).

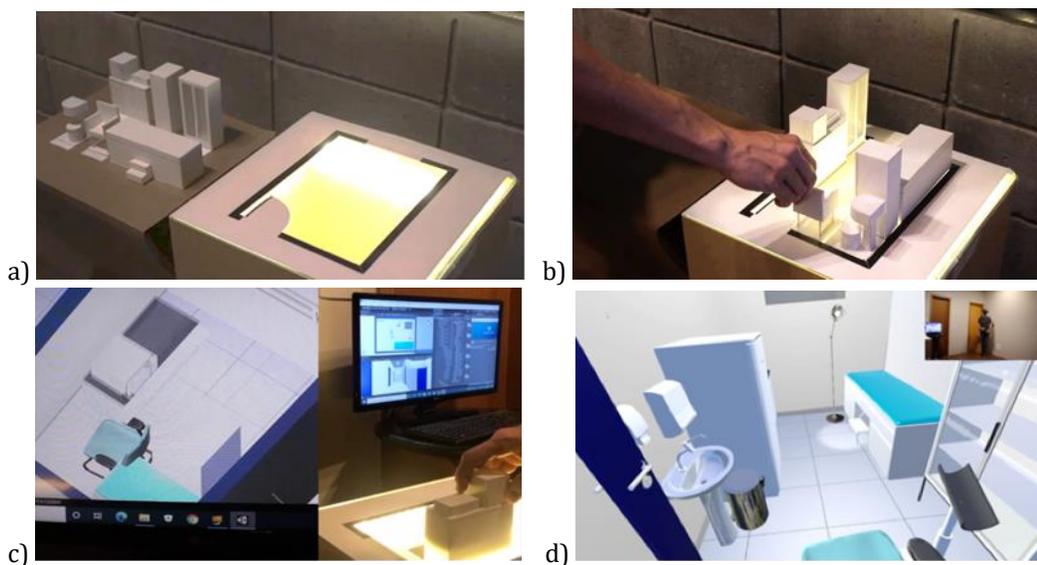


Figura 9. Resultado das Simulações

Fonte: Autores

Na Etapa 2, após a colocação dos óculos de RV e delimitação do guardião do Oculus Quest^v, foi possível experimentar o ambiente projetado através do walkthrough virtual imersivo (Figura

9d). A possibilidade de ligação via Wi-fi dos óculos de RV com o sistema possibilitou uma exploração irrestrita do ambiente, podendo caminhar livremente e observar com detalhes e em diversos ângulos todos os móveis e equipamentos posicionados, as relações entre eles e a circulação resultante. Em certos momentos, ao se aproximar dos modelos virtuais, os mesmos acabavam sendo "cortados" devido a falhas na configuração, prejudicando assim a sua visualização completa e o entendimento de sua relação com os demais elementos da simulação. Esse problema pode ser resolvido através de ajustes na programação dos objetos ou com a criação de comportamentos apropriados no Unity Engine.

Foi observado pelos autores que a inclusão de uma mão virtual (Figura 10), correspondente à mão real do usuário, poderia facilitar a análise de outros quesitos em futuras simulações, como relações de ergonomia e a realização de tarefas no ambiente, assim como foi demonstrado por Mandola, Graton e Imai (2021).

Figura 10. Mão virtual em ambientes de simulação

Fonte: Mandola, Graton e Imai (2021)



Por fim, o tempo de experimentação da ferramenta foi de aproximadamente 5 minutos, o que não causou nenhum incômodo ou desconforto na utilização dos óculos. Esse tempo poderá ser dilatado conforme a complexidade do experimento, dimensão do ambiente estudado e dificuldade ou curiosidade do usuário dentro do AV.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta proposta neste trabalho foi verificada e testada em um ambiente de saúde de baixa complexidade, em razão das limitações do protótipo experimental criado. Para a criação do protótipo final da ferramenta alguns ajustes ainda devem ser revisados para melhorar a experiência e fluidez na sua utilização, tanto referente ao sistema computacional quanto aos equipamentos físicos, conforme demonstrado a seguir:

- O sistema de identificação dos marcadores precisa ser revisado para evitar falhas de leitura. Segundo Cupersmid (2014), os marcadores fiduciais são os mais recomendados pois possibilitam uma melhor leitura e reconhecimento, considerando que quanto maior a sua dimensão, melhor será a sua identificação;
- Os marcadores devem estar fixados no eixo central do objeto físico (CUPERSCHMID; SOUZA, 2021) para que o seu movimento seja correspondente no modelo virtual;
- As texturas e detalhes das paredes e móveis devem ser melhorados para dar uma maior sensação de realismo, embora a quantidade de informação e a alta qualidade dos objetos possam trazer desafios de processamento do sistema;
- A maquete pode ser oferecida diretamente aos participantes por ser um material físico e de fácil compreensão, porém para o teste no ambiente virtual, deve ser realizado um treinamento prévio para que o usuário se familiarize com a tecnologia;

- Para a sequência dos testes e avaliações da ferramenta, os modelos físicos dos equipamentos e móveis poderão ser confeccionados com outras técnicas e materiais para garantir melhor qualidade visual, tais como maquetes de PVC ou impressão 3D;
- Criação de uma mesa tangível de maiores dimensões, de aproximadamente (1,00 x 0,60m) para possibilitar a simulação de ambientes de saúde maiores e de maior complexidade;
- Confeção de maquetes físicas com maior variedade de elementos e realismo visual para aumentar o grau de iconicidade dos objetos.

Com a viabilidade de desenvolvimento da ferramenta proposta, os trabalhos futuros serão baseados nas seguintes hipóteses: (i) o usuário leigo possui uma afinidade mais próxima de uma maquete física do que com projetos técnicos (plantas, cortes e elevações), o que aumenta seu engajamento na participação e seu envolvimento com o projeto; (ii) a visualização automática de sua criação em um ambiente de RV facilita a compreensão de seu ambiente co-projetado e diminui as dúvidas que ainda possam existir durante a montagem da maquete física, além de poder experimentar e avaliar a sua criação antes mesmo de sua construção; (iii) o sistema possibilita o desenvolvimento das etapas de análise, síntese e avaliação de um projeto de saúde e poderá ser utilizado nas etapas iniciais de projeto com base no modelo de CDBE, podendo ainda contribuir no aprimoramento dessa metodologia; (iv) a ferramenta permite capturar informações sobre os ambientes de saúde junto aos usuários, identificando quais características podem ser modificadas e quais podem ser utilizadas como subsídio para projetos futuros.

A ferramenta físico-digital demonstrada se encontra em fase de desenvolvimento e apresenta desafios para o seu funcionamento, sendo necessários ajustes para a sua aplicação final junto aos usuários dos ambientes de saúde. Durante a simulação no ambiente imersivo da MRV, a ferramenta apresentou limitações por não permitir analisar certas características ambientais, tais como iluminação, temperatura e conforto acústico. Cabe lembrar que esta ferramenta será utilizada como parte do levantamento de requisitos de projeto de saúde dentro de um processo de Co-Design, devendo ser complementada com outras ferramentas de pesquisa, como questionários, entrevistas e grupos focais, os quais fazem parte do modelo de CDBE apresentado neste artigo.

Referências Bibliográficas

- AMICIS, R.; FIORENTINO, M.; STORK, A. Parametric Interaction for CAD Application in Virtual Reality Environment. **Proceedings...** XII ADM International Conference on Design tools and methods in industrial engineering - Rimini, p. 43-52, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/328685139_Parametric_Interaction_for_CAD_applications_in_Virtual_Reality_Environment>. Acesso em: 10 de mar. 2022.
- ANDREWS, T.; SEARCY, B.; WALLACE, B. Using virtual reality and motion capture as tool for human factors engineering at NASA Marshall Space Flight Center. **Advances in artificial intelligence, software and systems engineering**, v. 965, p. 399-408, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20454-9_41
- ARRIGHI, P.-A.; MAURYA, S.; ARAI, K.; MORIYA, K.; MOUGENOT, C. A Mixed Reality System for Kansei-Based Co-Design of Highly-Customized Products. **Journal of Integrated Design and Process Science**, v. 20, n. 2, p. 47-60, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3233/jid-2016-0013>

ARRIGHI, P.-A.; MAURYA, S.; MOUGENOT, C. Towards Co-designing with Users: A Mixed Reality Tool for Kansei Engineering. In: Bouras A., Eynard B., Foufou S., Thoben KD. (eds) Product Lifecycle Management in the Era of Internet of Things. PLM 2015. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, vol 467, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9_68

ARRIGHI, P.-A.; MOUGENOT, C. Towards user empowerment in product design: a mixed reality tool for interactive virtual prototyping. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 30 (2), p. 743–754, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-016-1276-0>

AZUMA, M. H. **Customização em massa de projeto de Habitação de Interesse Social por meio de modelos físicos paramétricos**. Tese (Doutorado) - IAU-USP, São Carlos, 2016. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-24042018-102619/publico/TeseCorrigidaMauricioAzuma.pdf>> Acesso em: 10 de mar. 2022.

BALTAZAR, A. P.; SOUZA, E. D. M.; PONTES, M. M.; GONÇALVES, F. S.; METZKER, L. S. Ambiente de imersão virtual como ferramenta para mudança de paradigma no processo de projeto arquitetônico: da representação à interação. **Proceedings... XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom**. São Paulo: Blucher, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0114>

BANERJEE, N. T.; BAUGHMAN, A. J.; LIN, S.-Y.; WITTE, Z. A.; KLAUS, D. M.; ANDERSON, A. P. Development of alternative reality environments for spacecraft habitat design evaluation. **Virtual Reality**, 25, p. 399–408, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00462-6>

BARROS, G. G. Desafios para abordagens baseadas em projeto: projetistas como facilitadores no projeto participativo. In: **Divergências e convergências: arquitetura, urbanismo e design**. Organizadora Jeanine Mafra Migliorini. Ponta Grossa: Atena, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.94621180314>

BRAMBILLA, A.; A. REBECCHI, A.; CAPOLONGO, S. Evidence Based Hospital Design. A literature review of the recent publications about the EBD impact of built environment on hospital occupants' and organizational outcomes. **Annali di igiene, medicina preventiva e di comunità**, 31 (2), p. 165-180, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7416/ai.2019.2269>

BRASIL. Ministério da Saúde. **RDC nº 50**: de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 20 de mar. de 2002. Disponível em: <https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0050_21_02_2002.html> Acesso em: 10 de fev. de 2022.

BRATTETEIG, T.; WAGNER, I. What is a participatory design result? **Proceedings... 14th Participatory Design Conference**. V. 1, p. 141–150, 2016. <https://doi.org/10.1145/2940299.2940316>

BULLINGER, H.-J.; BAUER, W.; WENZEL, G.; BLACH, R. Towards user centred design (UCD) in architecture based on immersive virtual environments. **Computers in Industry**, 61, 4, p. 372-379, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.12.003>

CAIXETA, M. C. B. F.; CAMELO, G. H.; FABRICIO, M. M. Avaliação pré-projeto por meio de modelos físicos e digitais de EAS. p.31-36. VIII Congresso Brasileiro para o Desenvolvimento de Edifícios Hospitalares (CBDEH). **Anais...** Curitiba, 2018. Disponível em: <[https://attitudepromo.iweventos.com.br/upload/cartas/files/Anais%20VIII%20CBDEH%20-%20web\(1\).pdf](https://attitudepromo.iweventos.com.br/upload/cartas/files/Anais%20VIII%20CBDEH%20-%20web(1).pdf)>. Acesso em: 15 de mar. 2022.

- CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. Métodos e instrumentos de apoio ao codesign no processo de projeto de edifícios. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 111-131, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100212>
- CAIXETA, M. C. B. F.; TZORTZOPOULOS, P.; FABRICIO, M. M. User involvement in building design: a state-of-the-art review. **Pós**, Rev. Programa Pós-Grad. Arquit. Urban. FAUUSP. São Paulo, v. 26, n. 48, e151752, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.posfau.2019.151752>
- CAIXETA, M. C. B. F.; TZORTZOPOULOS, P.; FABRICIO, M. M. Codesign. In: CAIXETA, M. C. B. F.; CAMELO, G.; FABRICIO, M. M. **Codesign e arquitetura para a saúde**. Rio de Janeiro: Rio Book, 2021.
- CAMELO, G. H.; SOUZA, M. P.; BITENCOURT, F.. Projeto de arquitetura para ambientes de saúde. In: CAIXETA, M.; CAMELO, G.; FABRICIO, M. **Codesign e arquitetura para a saúde**. Rio de Janeiro: Rio Books, 2021.
- CARVALHO, A. P. A. **Introdução à arquitetura hospitalar**. Salvador: UFBA, GEA-hosp, 2014. Disponível em: < https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/31571/1/CARVALHO_Antonio%20Pedro-Introducao%20Arq%20Hosp-2014.pdf>. Acesso em 14 de fev. 2022.
- CARVALHO, A. P. A.; VILAS-BOAS, D.; SOUZA, L. M.; FARIAS, P. M. Adaptações de estabelecimentos de saúde durante a pandemia COVID-19. In: BITENCOURT, F.; VILAS-BOAS, D.; SILVA, E. (org.). **Arquitetura para emergências: experiência, vivência e reflexões**. Rio de Janeiro: Rio Books, 2021.
- CECIL, J.; KRISHNAMURTHY, R.; HUYNH, H.; TAPIA, O.; AHMAD, T.; GUPTA, A. Simulation based design approaches to study transportation and habitat alternatives for deep space missions. **Proceedings...** IEEE International conference on systems, man, and cybernetics. 2018, 1439-1444. DOI: <https://doi.org/10.1109/SMC.2018.00251>
- CLARKE, D.; JONES, F.; HARRIS, R.; ROBERT, G.; What outcomes are associated with developing and implementing co-produced interventions in acute healthcare setting? A rapid evidence synthesis. **BMJ Open**, 7, e014650, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014650>
- CLARKE, D.; GOMBERT-WALDRON, K.; HONEY, S.; CLOUD, G.; HARRIS, R.; MACDONALD, A.; MCKEVITT, C.; ROBERT, G.; JONES, F. Co-designing organisational improvements and interventions to increase inpatient activity in four stroke units in England: a mixed-methods process evaluation using normalisation process theory. **BMJ Open**, 11(1), e042723, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042723>
- CONSALEZ, L.; BERTAZZONI, L. **Maquetes: A representação do espaço no projeto arquitetônico**. 2. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2015.
- CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, G.M.; RENTERIA, J.M.; GUIMARÃES, C. A. Revisão sistemática: Uma revisão narrativa. **Rev. Col. Bras. Cir.**, 34(6), 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69912007000600012>
- CUPERSCHMID, A. R. M. **Realidade Aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização**. Tese (Doutorado) – Unicamp, Campinas, 2014. DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2014.932424>
- CUPERSCHMID, A. R. M.; SOUZA, M. P. Realidade aumentada como suporte ao codesign. In: CAIXETA, M. C. B. F.; CAMELO, G.; FABRICIO, M. M. **Codesign e arquitetura para a saúde**. Rio de Janeiro: Rio Book, 2021.
- DARIVA, L. C. T. L.; MARCONSINI, C. O estudo dos fluxos no projeto hospitalar: inter-relações entre sistemas de circulação, organização espacial e forma. **Revista Ambiente Hospitalar**, n.13 - 1º Sem,

p. 41-51, 2020. Disponível em: < https://issuu.com/abdeh/docs/ah_maio_2020_rgb_saida_issuu>. Acesso em 20 de nov. 2021.

DONETTO, S.; JONES, F.; CLARKE, D. J.; CLOUDD, G. C.; GOMBERT-WALDRON, K.; HARRISA, R.; MACDONALDE, A.; MCKEVITTF, C.; ROBERT, G. Exploring liminality in the co-design of rehabilitation environments: The case of one acute stroke unit. **Health & Place**, 72, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102695>

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. **Revista ACB**, v. 21, n. 3, p. 550–563, 2016. Disponível em: < <https://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/1194>> Acesso em: 27 de nov. de 2022.

FRIEMERT, D.; SAALA, F.; HARTMANN, H.; ELLEGAST, R. Similarities and differences in posture during simulated order picking in real life and virtual reality. **Digital human modeling: applications in health, safety, ergonomics, and risk management**, v. 10917, 2018, p. 41-53. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91397-1_4

FURUYA, L. T. M.; ALVES, S. A.; COSTEIRA, E. M. A. Projeções pós covid-19: o papel do arquiteto para a saúde. **Revista Ambiente Hospitalar**, n.14 - 2ª Sem, 2020. Disponível em: <https://issuu.com/abdeh/docs/ah_2020_edicao_14_rgb_saida_issuu>. Acesso em: 13 de out. 2021.

GAGER, M.; KEATING, L.; MOSSOP, D.; WILTSHIRE, M. Quality Time: Using experience-based co-design to capture emergency department staff experience. **The Journal of Health Design**, 5, 1, p. 215-222, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21853/JHD.2020.64>

HOCHBERG, L.; MULINO, J.; PHILLIPS, D.; GRIFFITH, C.; GUPTA, A.; CECIL, J.; LOPEZ-ARAMBURO, A. Exploring the role of simulation-based design principles in support of transportation and material handling activities for lunar mission. **Proceedings... IEEE International conference on systems, man, and cybernetics - Bari**, p. 57-62, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/SMC.2019.8914298>

HQCA. **Simulation-based Mock-up Evaluation: Framework**. Canada: Health Quality Council of Alberta, 2016. Disponível em: < https://hqca.ca/wp-content/uploads/2021/11/HQCA_SME_Framework_062217S.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021.

HQCA. **Healthcare Facility Mock-up Evaluation Guidelines: Using Simulation to Optimize Return on Investment for Quality and Patient Safety**. Canadá: Health Quality Council of Alberta, 2020. Disponível em: <<https://hqca.ca/wp-content/uploads/2021/11/Healthcare-facility-mock-up-evaluation-guidelines-FINAL.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2021.

JOSE, K.; ROUX, A. L.; JEFFS, L.; JOSE, M. Evaluation of a young adult renal and transplant transition clinic in a regional setting: Supporting young adults and parents' transition to self-management. **Australian Journal of Rural Health**. 29 (1) 83–91. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajr.12683>

JOSEPH, A.; BROWNING, M.; JIANG, S. Using Immersive Virtual Environments (IVEs) to Conduct Environmental Design Research: A Primer and Decision Framework. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 13, 3, p. 11-25, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586720924787>

JOUPPILA, T.; TIAINEN, T. Nurses' Participation in the design of an intensive care unit: the use of virtual mock-ups. **Health Environment Research & Design Journal**, v. 14(2), p. 301-312, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586720935407>

LAVENDER, S. A.; SOMMERICH, C. M.; SANDERS, E. B.-N., EVANS, K. D., LI, J.; UMAR, R. Z. R.; PATTERSON, E. S. Developing Evidence-based Design Guidelines for Med/surg Hospital Patient

Rooms that Meet the Needs of Staff, Patients, and Visitors. **Health Environments Research & Design Journal**, Vol. 13(1) 145-178, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586719856009>

LOCOCK, L.; KIRKPATRICK, S.; BRADING, L.; STURMEY, G.; CORNWELL, J.; CHURCHILL, N.; ROBERT, G. Involving service users in the qualitative analysis of patient narratives to support health care quality improvement. **Research Involvement and Engagement**, 5 (1), 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40900-018-0133-z>

MACHRY, H. S.; JOSEPH, A.; ALLISON, D.; BAYRAMZADEH, S. Desenvolvendo e avaliando protótipos de uma sala cirúrgica: O uso de simulações em maquetes físicas integradas a um processo iterativo de design baseado em evidências. VIII Congresso Brasileiro para o Desenvolvimento de Edifícios Hospitalares (CBDEH). **Anais...** Curitiba, p. 77-88, 2018. Disponível em: [https://attitudepromo.iweventos.com.br/upload/cartas/files/Anais%20VIII%20CBDEH%20-%20web\(1\).pdf](https://attitudepromo.iweventos.com.br/upload/cartas/files/Anais%20VIII%20CBDEH%20-%20web(1).pdf). Acesso em: 15 de mar. 2022.

MANDOLA, J. B.; GRATON, F. G.; IMAI, C. Simulações Virtuais Imersivas em Projetos Arquitetônicos: Os motores de jogos como prática do projeto colaborativo. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto, 7., 2021, Londrina. **Anais...** Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1- 10. DOI <https://doi.org/10.29327/sbqp2021.438146>

MAQUIL, V. Towards Understanding the Design Space of Tangible User Interfaces for Collaborative Urban Planning. **Interacting with Computers**, Vol. 28 No. 3, 2016. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwv005>

MAURYA, S; ARAI, K.; MORIYA, K.; ARRIGHI, P.-A.; MOUGENOT, C. A mixed reality tool for end-users participation in early creative design tasks. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 13, p.163–182, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-018-0499-z>

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMIT, A.; KISHINO, F. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: **Telemanipulator and Telepresence Technologies**. v. 2351, p. 282-293, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.197321>

MOSLEHIAN, A. S.; KOCATURK, T.; TUCKER, R. An integral view of innovation in hospital building design: understanding the context of the research/practice gap. **Building Research & Information**, v. 49, 3, p. 265-180, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2020.1740577>

MYERSON, J.; RAMSTER, G. Workplace health and wellbeing: can greater design participation provide a cure? In: TSEKLEVES, E.; COOPER, R. (eds) **Design for Health**. New York: Routledge, p. 347–357, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315576619>

OLSSON, N. O. E.; BLAKSTAD, S. H.; HANSEN, G. K. Who Is the User? In: FM IN THE EXPERIENCE ECONOMY - CIB W70, São Paulo, 2010. **Proceedings...** São Paulo: Department of Construction Engineering, Escola Politecnica, University of Sao Paulo, p. 25-36, 2010. Disponível em: <https://gala.gre.ac.uk/id/eprint/9661/1/CIB21402.pdf>. Acesso em 12 de nov. 2021.

ORNSTEIN, S. W. Apresentação. In: CAIXETA, M. C. B. F.; TZORTZOPOULOS, P.; FABRICIO, M. M. Co-design. In: CAIXETA, M. C. B. F.; CAMELO, G.; FABRICIO, M. M. **Codesign e arquitetura para a saúde**. Rio de Janeiro: Rio Book, 2021.

PATTERSON, E. S.; SANDERS, E. B.-N.; LAVENDER, S. A.; SOMMERICH, C. M.; PARK, S.; LI, J.; EVANS, K. D. A Grounded Theoretical Analysis of Room Elements Desired by Family Members and Visitors of Hospitalized Patients: Implications for Medical/Surgical Hospital Patient Room Design. **Health Environments Research & Design Journal**, Vol. 12(1) 124-144, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586718792885>.

PEAVEY, E. K.; ZOSS, J.; WATKINS, N. Simulation and Mock-up Research Methods to Enhance Design Decision Making. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 5, no. 3, p. 133-44, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1177/193758671200500313>

PROCURE21+. **Repeatable Rooms and Standard Components App**, 2016. Disponível em: <<HTTPS://PROCURE21PLUS.NHS.UK/REPEATABLE-ROOMS-AND-STANDARD-COMPONENTS-APP/>> Acesso em: 27de nov. de 2022.

RAYNOR, D. R.; DPHIL, H. I.; BLENKINSOPP, A.; FYLAN, B.; ARMITAGE, G.; SILCOCK, J. Experience-based co-design: adapting the method for a researcher-initiated study in a multi-site setting. **Health Expectations**, v. 23, 3, 561-569, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/hex.13028>

RUBIO-TAMAYO, J. L.; BARRIO, M. G.; GARCÍA, F. G. Immersive Environments and Virtual Reality: Systematic Review and Advances. In: **Communication, Interaction and Simulation. Multimodal Technologies and Interaction**, v. 1 (4), 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti1040021>

SACHS, N. A.; SHEPLEY, M. M.; PEDITTO, K.; HANKINSON, M. T.; SMITH, K. GIEBINK, B.; THOMPSON, T. Evaluation of mental and behavioral health patient room mockup at a VA Facility. **Health Environments Research & Design Journal**, 2019, v. 13(2) p. 46-67. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586719856349>

SANDERS, E.B.-N. Postdesign and Participatory Culture. **Proceedings... Useful and Critical: The Position of Research in Design - Tuusula**, p. 9-11, 1999. Disponível em: < https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/u.osu.edu/dist/1/8276/files/2015/02/PostdesignandParticipatoryCulture_Sanders_99-1597myk.pdf> Acesso em 02 de abr. 2021.

SANDERS, E. B.-N., STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts**, v. 4, 1, p. 5-18, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>

SANDERS, E. B.-N.; STAPPERS, P.J. **Convivial toolbox**: generative research for the front end of design. Amsterdã: Bis, 2014.

SCHNABEL, M. A. The Immersive Virtual Environment Design Studio. In: WANG, X. e TSAI, J. J.-H. (Ed.). **Collaborative Design in Virtual Environments**: Springer Science+Business Media, v. 48, p. 177-191, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0605-7_16

SERRA, G. **Pesquisa em arquitetura e urbanismo**: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação. São Paulo: Edusp, 2006.

SHAER, O.; HORNECKER, E. Tangible User Interfaces: past, present, and future directions. **Human-Computer Interaction**, v. 3, n. 1-2, p. 4-137, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1561/1100000026>

SILVA, A. B. A., NUNES, C. S.; MEDVEDOVSKI, N. S. Entre o virtual e o tangível: Parametria de mobiliário para promover processos colaborativos em contextos de habitação de interesse social. **PIXO**, v. 5, n.17, p. 194-213, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15210/PIXO.V5i17.20125>

SOMASUS. **Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde**, 2021. Disponível em: < <http://somasus.saude.gov.br/somasus/redirect!tamanhoTela.action>>. Acesso em: 15 de jun.2021.

SOUZA, M. P. **Avaliação comparativa de instrumentos de simulação de projeto habitacional: o modelo tridimensional físico e a realidade virtual**. Dissertação (Mestrado) - PPU/UEL, Londrina, 2018.

STEEN, M.; MANSCHOT, M.; DE KONING, N. Benefits of Codesign in Service Design Projects.

International Journal of Design, 5(2), p. 53-60, 2011. Disponível em: <<http://resolver.tudelft.nl/uuid:eefaaa3c-cc7d-408e-9e00-883c6f2ccb03>>. Acesso em: 10 de fev. 2022.

SUN, C.; HU, W.; XU, D. Navigation modes, operation methods, observation scales and background options in UI design for high learning performance in VR-based architectural applications. **Journal of computational design and engineering**, v. 6 (2), p. 189-196, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.05.006>

SVIDT, K., SØRENSEN, J. B. Development of a Virtual Reality Solution for End User Involvement in Interior Design. **Proceedings...eCAADe 34**, v.2, p. 541-546, 2016. Disponível em: <http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2016_237.pdf>. Acesso em: 04 de abr. 2021.

TOLEDO, L. C. M. Como serão os hospitais pós covid-19? A pergunta que não quer calar. **Revista Ambiente Hospitalar**. n. 14 - 2º Sem, 2020. Disponível em: <https://issuu.com/abdeh/docs/ah_2020_edicao_14_rgb_saida_issuu>. Acesso em: 13 de out. 2021.

TRISCHLER, J.; PERVAN, S. J.; KELLY, S. J.; SCOTT, D. R. The Value of Codesign: The Effect of Customer Involvement in Service Design Teams. **Journal of Service Research**, v. 21(1) 75-100, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/1094670517714060>

WAROONKUN, T. An investigation of nursing staff input for the co-design of an outpatient department. **Urbanism. Architecture. Constructions**, v. 10, Ed. 2, p. 113-122, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85079291023&origin=inward&txGid=8bd41f156bca3faca8caa55566fdc677&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1>. Acesso em: 01 de fev. 2022.

WAROONKUN, T. A structural format to facilitate user input for the co-design of a cardiac health unit. **Civil Engineering and Architecture**, v. 8 (5), p. 760-770, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080503>

WINGLER, D.; MACHRY, H.; BAYARAMZADEH, S.; JOSEPH, A.; ALISON, D. Comparing the effectiveness of four different design media in communicating desired performance outcomes with clinical end users. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 12(2), p. 87-99, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586718796626>

YABUKI, N. Impact of Collaborative Virtual Environments on Design Process. In: WANG, X. e TSAI, J. J.-H. (Ed.). **Collaborative Design in Virtual Environments**: Springer Science+Business Media, v. 48, p. 103-110, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0605-7_9

Notas

ⁱ JACOB, R. J. K.; GIROUARD, A.; HIRSHFIELD, L. M.; HORN, M. S.; SHAER, O.; SOLOVEY, E. T.; ZIGELBAUM, J. Reality-based interaction: a framework for post-WIMP interfaces. In: **Proceedings of CHI 2008**, pp. 201–210, NY: ACM, 2008.

ⁱⁱ <https://www.vrdesktop.net/>

ⁱⁱⁱ <https://store.steampowered.com/about/>

^{iv} <https://www.brosvision.com/ar-marker-generator>

^v O guardião do Oculus Quest é uma malha virtual de segurança que delimita o campo de utilização do equipamento, de acordo com a dimensão do ambiente simulado na RV.

**Fernando Gargantini
Graton**
fgraton@hotmail.com

**Juliana Bambini
Mandola**
juliana.bambini@uel.br

César Imai
cimai@uel.br