

# CONFERÊNCIAS



# CAPÍTULO 1

## Ergonomia e arquitetura: o caso do ergoUX Lab no uso das novas tecnologias para otimizar a interação humano-ambiente construído

*Elisângela Vilar<sup>1</sup>*

*Francisco Rebelo<sup>2</sup>*

*Paulo Noriega<sup>3</sup>*

*Ernesto Filgueiras<sup>4</sup>*

### Introdução

De acordo com uma pesquisa realizada por Klepeis e colegas [ref. 1]<sup>5</sup> no início do século XXI, cerca de 87% do tempo diário das pessoas é passado no interior de edificações. Desde atividades laborais a atividades em tempos livres, esse dado apresenta um percentual elevado de tempo e mostra, de forma clara, a importância

---

1 CIAUD, Universidade de Lisboa, ITI/LARSYS, Universidade de Lisboa | Doutora. E-mail: ebpvilar@edu.ulisboa.pt

2 CIAUD, Universidade de Lisboa - ITI/LARSYS, Universidade de Lisboa | Doutor

3 CIAUD, Universidade de Lisboa - ITI/LARSYS, Universidade de Lisboa | Doutor

4 CIAUD, Universidade de Lisboa - Universidade da Beira Interior | Doutor

5 Por preferência dos autores, as referências foram numeradas e indicadas ao final do capítulo.

do ambiente construído na vida humana. Considerando o efeito que o ambiente construído tem no desenvolvimento mundial, o Fórum Econômico Mundial [ref. 2] tem se preocupado desde 2015, em analisar as implicações causadas pelas mudanças na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) fazendo uso de novas tecnologias aplicadas às estratégias de negócios, capacidades e planejamento organizacional, finanças e gestão de risco. Entre outras, o Fórum Econômico Mundial estabeleceu a Flexibilidade, a *Liveability*, e o Bem-estar como áreas prioritárias, de forma a criar infraestruturas e edifícios que melhorem as condições de vida e o bem-estar dos utilizadores finais. No seu relatório, o Fórum Econômico Mundial também apresenta e discute dez iniciativas inovadoras em AEC, desde *startups* na área de construção que adotam soluções de base tecnológica relacionadas com o uso de impressão 3D, sensorização e uso de equipamentos autônomos. Entretanto, o mesmo relatório ressalta que na área da Arquitetura, Engenharia e Construção, os avanços ainda são poucos e sem nenhuma grande mudança fundamental, e com o uso da tecnologia ainda sendo marginal e muito lentamente incorporado a estas áreas.

Groat e Wang [ref. 3] pesquisaram o uso da tecnologia em arquitetura, principalmente pelo estudo da investigação em arquitetura. De acordo com os autores, as tendências da economia global também têm influenciado a arquitetura, entretanto quando os avanços tecnológicos são considerados, é necessária uma maior urgência nas pesquisas no âmbito da sua prática. Para além desses, outros autores, por exemplo Noguchi e colegas [ref. 4], apontam que as decisões de projeto estão muitas vezes desalinhadas com as necessidades, expectativas e experiências dos usuários, principalmente devido a uma sobreavaliação com maior ênfase nos códigos construtivos. Assim, como forma de diminuir a distância entre as necessidades e expectativas dos usuários e as oportunidades do ambiente construído, adotar metodologias que colocam os usuários no centro do processo de planejamento arquitetônico apresenta-se como uma alternativa bastante plausível e eficaz [ref. 5] .

Nesse contexto, o presente artigo visa apresentar o trabalho realizado ao longo de vinte anos no qual as novas tecnologias, nomeadamente a realidade virtual, foi utilizada como suporte metodológico às metodologias de design centradas no Humano. A inovações e as novas demandas relacionadas com a realidade virtual têm feito desta tecnologia um dos focos das iniciativas de inovação nas áreas científicas da Arquitetura e do Design, com muitos estudos tendo sido desenvolvidos tanto centrados na própria tecnologia e em todas as questões que possam surgir a partir do seu uso, como na sua utilização como ambiente de interação, onde é possível simular e avaliar um vasto leque de alternativas que muitas vezes poderiam ser impossíveis de materializar no mundo físico, seja por questões de ordem prática,

como custo elevado, seja por questões de ordem ética, por exemplo, testar alternativas que podem por em risco as pessoas.

Assim, nas últimas duas décadas, pesquisadores de diferentes áreas, como ergonomia, arquitetura, psicologia, design, e informática, têm se juntado para discutir o uso e implicações da realidade virtual. No início dos anos 2000, um grupo de pesquisadores uniu-se e foi criado o ergoUX Lab, na Universidade de Lisboa, iniciando por focar sua atividade nas metodologias com base na realidade virtual para as áreas da Arquitetura e do Design, sendo pioneiros em Portugal. Desde então, o uso da realidade virtual e sua aplicação como ambiente de interação para desenvolver e/ou avaliar novas alternativas de projeto com foco no comportamento humano tem sido amplamente pesquisada, de forma a usar esta ferramenta como suporte às metodologias centradas no Humano. Desde o início dos anos 2000 até agora, tem sido construído um corpo de conhecimento sobre o uso da realidade virtual em estudos sobre a interação humana em ambientes construídos e com artefatos físicos e digitais, com o desenvolvimento de pesquisa de grande relevância para a Arquitetura e para o Design, principalmente nas áreas de otimização da usabilidade e experiência de utilização. Exemplo disso é o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com segurança e desenvolvimento de sinaléticas de base tecnológica, *wayfinding* em edifícios complexos, novos paradigmas de interação em edifícios inteligentes e desenvolvimentos de simuladores para treinamento.

Este capítulo está dividido em cinco seções, sendo a primeira dedicada à introdução, seguida por um apanhado geral dos principais conceitos relacionados com a usabilidade e experiência de utilização em edifícios e realidade virtual. Na terceira e na quarta seções serão apresentadas aplicações da realidade virtual e algumas pesquisas que a utilizam na arquitetura e design, seguidas por uma apresentação do ergoUX Lab e exemplos de pesquisas realizadas ao longo dos últimos vinte anos. A quinta seção é dedicada à conclusão, que visa discutir as tendências futuras e as expectativas nessas áreas.

## Principais conceitos

### *Usabilidade e UX*

A arquitetura e o design têm incorporado conceitos de áreas, como a ergonomia, a psicologia ambiental e a informática, aproximando-se dos conceitos de usabilidade e experiência de utilização (UX) e contribuindo para o surgimento de novas abordagens para o planejamento do ambiente construído.

Embora atualmente se fale bastante em usabilidade e UX no ambiente construído, estes conceitos estão intrinsecamente relacionados com a ergonomia e com a interação Humano-Computador (HCI), tendo sido incorporados numa norma ISO, primeiramente em 1998 [ref. 6]. Assim, a usabilidade foi inicialmente definida como “até que ponto um produto pode ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico” [ref. 6]. Como a usabilidade estava mais ligada com os aspectos da performance, com autores relacionando as falhas na usabilidade com perdas monetárias, baixa produtividade e perdas de tempo [ref. 7], o termo Experiência de Utilização (UX) evoluiu em um aspecto mais emocional relacionado aos produtos e sistemas, tendo sido incorporado a ISO 9241-210 em sua revisão [ref. 8]. Assim, enquanto a usabilidade é considerada um aspecto mais relacionado ao produto, a UX relaciona-se à interação. A revisão da ISO 9241-11 em 2018 [ref. 9], incorpora no seu escopo o ambiente construído. Assim, os conceitos de usabilidade e UX passam a ter sua aplicação incentivada também em situações onde haja a interação Humano-ambiente construído. Para um maior entendimento da evolução dos conceitos de usabilidade, UX e Design centrados no Humano, sua relação e evolução para a área da arquitetura, consultar Vilar, Rebelo, Noriega e Filgueiras [ref. 10 ].

Entretanto, embora cada vez mais os conceitos de usabilidade e UX sejam incorporados na arquitetura e nas pesquisas sobre as interações Humano-ambiente construído, também promovendo o desenvolvimento de uma Arquitetura centrada no Humano [ref. 10], de acordo com Noguchi e colegas [ref. 4], as noções sobre o impacto que a arquitetura tem sobre o conforto físico e psicológico dos seus usuários e o desenho de experiências em arquitetura ainda são muito pouco aplicadas na prática desta profissão.

### *A realidade virtual*

Com o aumento do uso das novas tecnologias nos edifícios, permitindo uma vasta gama de novas interações entre usuários e ambiente construído, é cada vez mais clara a necessidade de perceber o comportamento humano nestas interações. A Realidade Virtual surge como uma alternativa plausível ao ambiente real, de forma a atuar como ambiente de interação onde é possível simular situações, testar soluções e prever o comportamento durante a utilização do espaço.

Desde suas primeiras aplicações até hoje, a realidade virtual tem evoluído e se tornado uma das ferramentas mais promissoras em várias áreas, por exemplo no entretenimento, saúde, treinamento e na pesquisa acadêmica. Com o desenvolvimento dessa tecnologia, tanto com relação aos softwares como ao hardware necessários para sua utilização, de acordo com Li e colegas [ref. 11] a realidade virtual,

junto com a realidade mista e a aumentada parecem ser a nova maneira de otimizar a forma como a informação é acessada e apresentada. Do ponto de vista acadêmico e científico, essas novas formas de interagir com o mundo virtual/digital têm se tornado uma poderosa ferramenta para estudar cenários futuros, nos quais novas tendências podem ser testadas e novos paradigmas podem ser desenvolvidos.

De acordo com Rebelo e colegas [ref. 12], a realidade virtual pode ser definida como uma forma de transportar uma pessoa para uma realidade digital/sintética, na qual ela não está fisicamente presente, mas sente como se estivesse. Ao considerar essa definição, os autores também apontam a Presença como um conceito chave para o entendimento da realidade virtual. Esse conceito é explorado e discutido por Lombard e Ditton [ref. 13] que apresentam seis categorias para a presença, de acordo com o campo de intervenção no qual o conceito é aplicado: a presença como riqueza social, a presença como realismo, a presença como transporte, a presença como imersão, a presença como ator social dentro do meio, e a presença no meio como ator social. Witmer e Singer [ref. 14] afirmam que fornecer aos usuários os meios pelos quais eles acreditem que estão em um local, mesmo estando fisicamente presentes em outro, é um ponto crítico para o uso efetivo da realidade virtual. A presença pode ser potencializada tanto pela própria tecnologia, como pela forma, como por outros aspectos da interação, por exemplo o nível de detalhes do ambiente virtual, a narrativa criada e o nível de engajamento planejado.

A realidade virtual tem sido utilizada em diversas áreas de estudo, em particular naquelas cujo entendimento do comportamento humano é fundamental para o desenvolvimento de soluções que colmatem problemas específicos, como os problemas de design, incluindo as áreas do design de produtos, gráfico, arquitetônico, urbano e de interiores. Com a realidade virtual, situações simuladas que muitas vezes representam alternativas futuras ou situações que podem ser muito difíceis de se considerar em ambientes reais, por exemplo incêndios, simulações em ambientes subaquáticos ou espaciais, podem ser desenvolvidas permitindo aos pesquisadores estudarem, por exemplo, os principais impactos no design do produto ou ambiente, potenciais comportamentos dos usuários, riscos potenciais, e propor e testar novas soluções ou criar novos paradigmas.

Uma das principais vantagens da Realidade Virtual é a sua flexibilidade, uma vez que permite criar uma grande diversidade de situações, inclusive mundos utópicos, que se adequam aos objetivos delimitados para os estudos em questão. A mudança na forma como os usuários exploram o mundo é um exemplo dessa flexibilidade, podendo, na realidade virtual, ser feita tanto de uma forma egocêntrica (mais próxima do que seria a experiência no mundo real), como de várias outras formas, por exemplo sobrevoando o mundo virtual, adotando um ponto de vista exocêntrico.

Essa flexibilidade também está presente nos comportamentos de interação possíveis no mundo virtual e que no mundo real poderiam ser impraticáveis, por exemplo, mover ou criar paredes de forma instantânea, atravessar o fogo, respirar debaixo de água, voar, entre muitos outros. Outra vantagem é o controle de variáveis que muitas vezes é difícil de alcançar em estudos que consideram o mundo físico real como ambiente de interação [ref. 15]. A combinação de ambientes virtuais com elevados níveis de detalhe, criando mundos sintéticos visualmente muito próximos da realidade, com técnicas de *storytelling* que permitem o desenvolvimento de narrativas que provocam grande engajamento dos usuários permitem um grande controle das condições experimentais e variáveis, aumentando também a validade ecológica e a replicabilidade dos estudos. De acordo com Rebelo e colegas [ref. 12], outra grande vantagem da realidade virtual é a disponibilidade de introduzir avatares ou agentes virtuais que podem assumir o papel do pesquisador ou dos usuários (ou apenas de um agente sintético) com um rigoroso controle sobre o seu comportamento, além de permitir o registro automático de todos os comportamentos de interação que ocorrem durante a simulação (por exemplo, percursos, pausas e movimentos oculares).

A realidade virtual tem sido utilizada com sucesso nas pesquisas em diversas áreas, como na Psicologia Social e Cognitiva, na Ergonomia, na Arquitetura, no Design e na Engenharia. Essa ferramenta abrange, atualmente, uma vasta gama de técnicas mediadas pela tecnologia e equipamentos tecnológicos. Hoje em dia, uma grande variedade de soluções tecnológicas pode ser encontrada para colmatar as necessidades dos pesquisadores, desde capacetes/óculos de realidade virtual (HMD, do inglês *Head Mounted Displays*) altamente sofisticados, até HMD feitos em cartão para serem utilizados com *smartphones*, por exemplo o Google Cardboard. Outro exemplo são as aplicações desenvolvidas para equipamentos móveis, como celulares e tablets que podem ser facilmente criadas a partir do lançamento do ARKit (para o sistema IOS) e do ARCore da Google.

Vários autores (ex. [ref. 16-19]) apontam muitas outras vantagens para a utilização da realidade Virtual como ambiente de interação, por exemplo: sua relação custo-benefício, quando comparado à construção de ambientes físicos no mundo real; o controle das variáveis em estudo que se torna mais fácil e rigoroso; a reprodução dos estudos em diferentes locais é amplamente facilitada; a realidade virtual permite a utilização de cenários que de outra forma seriam muito difíceis ou mesmo impossíveis de estudar, por exemplo ambientes de alto risco; o registro automático de dados; a facilidade de alterar a experiência de acordo com as necessidades dos estudos, desde pequenas alterações no ambiente virtual, até mudanças completas nos equipamentos de interação; seu uso pode se sobrepor a questões éticas que possam surgir quando o foco das pesquisas é o comportamento humano.

## Pesquisa em realidade virtual e suas aplicações

A realidade virtual tem sido usada em uma vasta gama de situações, desde parques de diversões, em montanhas russas radicais, até sofisticados laboratórios de pesquisa ajudando os pesquisadores a compreenderem e responder questões. De acordo com Li e colegas [ref. 11], essa tecnologia permite aos usuários terem experiências holísticas altamente imersivas suportadas por informações do mundo físico e digital, ao invés de apenas interagirem com conteúdos em três dimensões num ambiente puramente gerado por computador.

Atualmente, o mercado está repleto de equipamentos de realidade virtual e aplicações, com diferentes níveis de experiência e imersão, e continua em crescimento. Relatórios sobre o mercado global da realidade virtual [ref. 20] apontam que o mercado da realidade virtual vale mais de U\$ 50 bilhões em 2020, maioritariamente incentivado pelo crescimento da popularização do conceito BYOD, do inglês *Bring your own device* (Traga seu próprio equipamento) no mercado dos Estados Unidos e por fatores chave, como avanços tecnológicos, penetração na indústria de eletrônicos de consumo e pelo aumento da demanda dos treinamentos em ambiente virtual nas indústrias. A realidade virtual também está criando grandes oportunidades para setores do lazer e turismo fazendo uso de sua utilização na fase de pré-visita e divulgação do produto turístico, durante as viagens e na fase de pós-visita [ref. 21-22].

Do ponto de vista da pesquisa acadêmica, o número de estudos que consideram as metodologias baseadas no uso da realidade virtual tem crescido substancialmente. Numa revisão considerando os artigos publicados na área da construção de 2000 a 2017, os autores apontam que o número de estudos passou de 1.5 artigos por ano em 2000 para 8 artigos por ano em 2017 [ref. 11]. Em outra revisão que considerou o uso das metodologias com base na realidade virtual para prototipagem e avaliação de produtos, Seth e colegas [ref. 23] encontraram várias aplicações desenvolvidas para a montagem virtual (para uma revisão mais detalhada, consultar Seth e colegas [ref. 23]). Os autores argumentam que a realidade virtual proporciona uma “interface invisível” para interação dos usuários com o ambiente virtual, fazendo com que eles sintam como se estivessem interagindo com o mundo real. De acordo com os autores, isso faz com que as metodologias com base no uso da realidade virtual sejam perfeitas para prototipagem e avaliação de produtos. Com a realidade virtual, a simulação de tarefas que requerem uma interação manual frequente e intuitiva, como na prototipagem de métodos de montagem, pode reduzir a necessidade da montagem física, resultando em decisões de design mais abrangentes [ref. 23].

Nas últimas décadas, a indústria da construção e a pesquisa têm dado uma atenção considerável ao uso da realidade virtual na segurança, graças ao desenvolvimento e teste de muitos sistemas de realidade virtual e aumentada, que provaram ser abordagens eficientes, utilizáveis e precisas em muitas áreas relacionadas com a segurança, como: identificação do perigo, treinamento e formação em segurança, introdução e inspeções na área da segurança. Tem havido um aumento de aplicações imersivas de realidade virtual e aumentada para desenvolver ambientes onde as pessoas possam visualizar e interagir com situações de trabalho complexas, a fim de adquirir um conhecimento que lhes permita desenvolver um comportamento preventivo face a situações de risco [ref. 11].

As metodologias com base na realidade virtual e aumentada têm sido amplamente usadas, também, para treinamento, principalmente por aqueles que atuam em situações de alta demanda e risco, como bombeiros, médicos-cirurgiões, médicos recém-formados e em treinamento, entre outros. Williams-Bell e colegas [ref. 24] encontraram na literatura vinte e um sistemas que utilizavam jogos sérios e simulações em realidade virtual para formação e treinamento de bombeiros. De acordo com os autores, as simulações para bombeiros têm seu foco principal no treinamento, principalmente direcionado para treinar recrutas e bombeiros na utilização de aparelhos respiratórios, na procura sistemática em locais cheios de fumaça ou supressão de incêndio, na comunicação e liderança no local do incêndio, e na educação sobre segurança contra incêndios.

No simulador em realidade virtual desenvolvido por Cha e colegas [ref. 25], os bombeiros podem treinar, num nível mais básico, e auxiliar outros bombeiros comandantes na avaliação de alguns cenários de incêndio, permitindo que eles tomem decisões seguras e façam um planejamento apropriado do combate a incêndios. Usuários em geral também podem utilizar esse simulador para terem uma experiência simulada de uma situação de incêndio que poderia ser real.

Com a utilização de metodologias em que os usuários são colocados no centro do processo de design, como o Design Centrado no Humano [ref. 26], o Design Participativo [ref. 27-28], e o Design de Experiências [ref. 27], a necessidade de métodos e técnicas para compreender o comportamento dos usuários, suas necessidades e expectativas, tem aumentado.

A ISO 9241-210:2019 [ref. 26] apresenta um processo iterativo de Design centrado no Humano e descreve as fases por intermédio do ciclo de vida do design e desenvolvimento de produtos e sistemas. Ao mesmo tempo, desafia os profissionais a planejarem e moldarem a interface às capacidades, necessidades e expectativas do usuário, uma vez que está focado obter o conhecimento dos usuários em cada fase do processo de design.

No Design Participativo, os usuários e todos os agentes envolvidos atuam profundamente no processo de design como codesigners, tendo o poder de propor e gerar suas próprias alternativas.

Entretanto, mesmo que a eficácia dos processos que envolvem os usuários durante seu desenvolvimento, como o Design centrado no Humano e o Design Participativo seja referida na literatura pertinente, algumas limitações também são apontadas e estão maioritariamente relacionadas com a necessidade de produzir protótipos e maquetes físicas, que muitas vezes tem custos elevados. Essa necessidade ocorre pois, na maioria das vezes, os usuários não são capazes de entender os conceitos teóricos ou visualizar mentalmente soluções, preferindo discutir sobre o projeto visualizando produtos existentes ou protótipos e maquetes detalhadas [ref. 29]. Os autores também ressaltam que os usuários e os projetistas geralmente não partilham a mesma linguagem, uma vez que podem possuir diferentes antecedentes culturais e experiências, o que dificulta bastante a comunicação. Bruno e Muzzupappa [ref. 29] indicam uma falta de ferramentas capazes de simplificar essa comunicação como um dos problemas que precisam ser colmatados para que esses processos envolvendo os usuários sejam realmente efetivos e produzam um retorno rápido de ideias, sugestões e de avaliações.

Assim, num processo de design iterativo em que há uma participação ativa dos usuários nas diversas fases e a equipe de projeto tem acesso e conhece as necessidades, capacidades e expectativas dos usuários e agentes envolvidos, o uso de sistemas e metodologias com base em realidade virtual podem representar uma grande vantagem, principalmente reduzindo a necessidade de protótipos físicos e aumentando a eficácia da comunicação entre todos os agentes envolvidos no processo. De acordo com Tideman e colegas [ref. 30], já foram desenvolvidos muitos métodos e ferramentas que dão suporte à criação e ao desenvolvimento de bons produtos, sendo que as principais tendências são os sistemas de realidade virtual, a utilização dos princípios de design de jogos, e o uso de técnicas que se baseiam na criação de cenários de interação aplicados durante o processo de design.

### O caso do ergoUX Lab

O laboratório ergoUX iniciou suas atividades como uma evolução do grupo de pesquisa ergoVR, criado no início dos anos 2000, primeiramente ligado ao departamento de ergonomia da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa. Nessa época, a realidade virtual ainda era uma tecnologia desconhecida e muito pouco desenvolvida, sendo sua utilização ainda incipiente e bastante marginal, muito diferente dos dias atuais. Dessa forma, o ergoVR foi um dos grupos de pesquisa pioneiros no estudo do comportamento humano considerando

uma perspectiva de design centrada no Humano para a criação, desenvolvimento e avaliação de novas soluções para os problemas emergentes. Em 2019, o grupo ergo-VR foi transferido para a Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, sendo então constituído o laboratório ergoUX. Embora numa nova instituição de acolhimento, o ergoUX mantém seus objetivos de investigação bem como sua equipe de pesquisadores principais.

Atualmente, a maior parte da atividade de pesquisa desenvolvida no laboratório cobre as seguintes áreas: i) Ergonomia tradicional, relacionada com a avaliação e design de postos de trabalho, usando humanos digitais para criar novas soluções; ii) Usabilidade e Experiência de Uso, na qual se procura gerar soluções para os novos desafios sociais, surgidos com a evolução tecnológica e que impactam da indústria às cidades; iii) Design Emocional, referente às reações emocionais que resultam das interações humanas com produtos, sistemas e ambientes construídos; iv) Design de Jogos e Gamificação, onde os mecanismo do jogo são estudados para gerar constantes desafios para os usuários, de forma a promover a sua retenção, absorvendo os usuários nas atividades do jogo para alcançar uma experiência subjetiva de envolvimento; e v) realidade Virtual, utilizada como ferramenta para desenvolver e otimizar soluções de design, com base na avaliação do comportamento humano durante a interação com os elementos de um sistema virtual.

Dessa forma, o principal foco das pesquisas desenvolvidas no Laboratório ergoUX está na integração do conhecimento do comportamento humano no design e avaliação de produtos, sistemas, serviços e ambientes. Sendo cientes do importante papel das emoções nos processos de tomada de decisão, as pesquisas desenvolvidas no ergoUX incorporam ferramentas e métodos que permitam avaliar as emoções dos agentes durante as suas interações com o mundo, que pode ser físico ou virtual. Assim, o laboratório ergoUX tem procurado sempre relacionar as áreas estabelecidas da Arquitetura e do Design com teorias emergentes do design emocional e da gamificação, mediados pela utilização da realidade virtual como ambiente de interação, com a missão de criar valor nas organizações para fazer a vida diária das pessoas mais alegre, saudável e segura.

No laboratório ergoUX, o conceito de presença está em linha com a categoria de Presença como Transporte, também concordando com Witmer e Singer [ref. 14]. Dessa forma, reconhece-se a importância da tecnologia em associação com muitos outros aspectos da interação, como o nível de detalhes do ambiente virtual e o *story-telling* na criação de narrativas envolventes. Assim, toda a equipe tem feito um grande esforço em desenvolver e validar esses aspectos, uma vez que se entende que eles são fatores chave para o sucesso dos estudos que utilizam metodologias suportadas

pelo uso da realidade virtual como ambiente de interação, de forma a gerar envolvimento e enriquecer as experiências.

Quanto aos equipamentos utilizados, a maior parte das pesquisas feitas no ergoUX considera uma abordagem de realidade virtual totalmente imersiva, combinando o uso de HMD com sensores de movimento. Como parte dos objetivos do laboratório, muitos sistemas já foram utilizados e testados pela equipa, desde os mais simples aos mais sofisticados, por exemplo Sony® PLM-S700E, os piSight, xSight e zSight, da Sensics, a primeira e segunda gerações os Oculus Rift, o sistema HTC Vive e suas evoluções, os Oculus Quest, entre outros. As abordagens semi-imersivas também foram exploradas com a utilização de projeções 3D em grande escala numa sala completamente escura (inclusive com todas as paredes pintadas de preto). O movimento no mundo virtual também é uma questão de investigação e algumas abordagens já foram testadas, desde comandos de consolas de jogos a soluções desenvolvidas no laboratório com a utilização de sensores *flock-of-birds*, simulando o movimento do caminhar. Como a tecnologia tem evoluído muito rapidamente, a equipe do ergoUX tem como compromisso adequar as reais demandas da pesquisa à tecnologia requerida, de forma a garantir um elevado padrão custo x benefício. A ampla divulgação dos resultados das pesquisas na comunidade acadêmico-científica também é um compromisso de toda a equipe do laboratório, sendo incentivada a participação de todos, de bolsiros de iniciação científica, estagiários, mestrandos e doutorandos, até investigadores seniores e investigadores externos consultores, formando uma equipe multidisciplinar. Dessa forma, os estudantes são altamente encorajados a usar os equipamentos disponíveis nas suas próprias investigações e a discutirem em equipe seus objetivos, estratégias metodológicas e resultados.

### *Exemplos de pesquisa com a realidade virtual no ergoUX*

As metodologias com suporte da realidade virtual sempre foram consideradas, desde o início do laboratório ergoUX, o padrão ouro para pesquisar, entender, modelar e prever o comportamento humano, definir tendências e testar soluções com base nos requisitos dos agentes usuários. Assim, a adoção da realidade virtual, como ferramenta para examinar os princípios do design, seus conceitos e a criação de novos paradigmas, sempre foi incentivada pela equipe do ergoUX. Ao longo de mais de vinte anos, a pesquisa desenvolvida no laboratório cobriu tópicos, como informação de segurança e concepção e avaliação de sinais de emergência, *wayfinding* em edifícios complexos, design e avaliação em embalagens de produtos domésticos, arquitetura de interiores em quartos de hospitais e escritórios, museus e exposições virtuais, interfaces para a realidade virtual, entre outros.

Um dos primeiros estudos desenvolvidos pela equipe do ergoUX que utilizou a realidade virtual foi realizado no início dos anos 2000 [ref. 31-33]. Nesse estudo, a consonância comportamental com sinais de segurança dinâmicos foi comparada com sinais estáticos durante a realização de tarefas relacionadas com o trabalho e saídas de emergência. Para esse estudo, foi pedido a noventa participantes que realizassem algumas tarefas predefinidas num ambiente virtual imersivo. Avisos de segurança dos quais os participantes já haviam sido alertados da sua presença no ambiente e outros sinais sem qualquer alerta prévio foram inseridos no ambiente virtual. A consonância comportamental com esses avisos foi avaliada em dois momentos, um pré-incêndio e outra durante um incêndio, envolvendo também uma tarefa de evacuação de emergência e análise da consonância com sinais de saída de emergência. Dos principais resultados obtidos, a apresentação dinâmica dos avisos produziu taxas mais elevadas de consonância comportamental que a apresentação estática. Entretanto, a diferença entre os dois tipos de apresentação só foi estatisticamente significativa nas situações em que não houve alerta prévio da existência do aviso no ambiente virtual. Os autores discutiram os resultados obtidos com base na saliência e nas diferentes tarefas. De acordo com os autores, os sinais mais salientes (os com apresentação dinâmica) são úteis quando precisam captar a atenção enquanto as pessoas estão a realizar outras tarefas [ref. 33-34].

As questões do *wayfinding* e das *affordances* ambientais, aspectos chave no planejamento arquitetônico, também foram pesquisadas utilizando-se metodologias com suporte da realidade virtual pela equipe do laboratório ergoUX (por exemplo os estudos desenvolvidos por Vilar e colegas [ref. 18-35-36]). Um exemplo é o estudo em que o conceito de *affordances* é considerado como uma abordagem para estudar o movimento individual no interior dos edifícios complexos. Dessa forma, foi considerado que algumas variáveis do ambiente, como a largura dos corredores e a iluminação desses espaços, poderiam funcionar como fatores de atração, aumentando a *affordance* dos corredores e influenciando as decisões espaciais. As sinaléticas direcionais também foram discutidas como informações ambientais explícitas que diretamente informam um caminho a seguir. O principal objetivo dessa pesquisa foi contribuir para uma melhor compreensão sobre o *wayfinding* humano em ambientes interiores de forma a gerar recomendações para otimizar a usabilidade em edifícios complexos. O uso da sinalética e das variáveis ambientais como informação explícita e implícita, respectivamente, que direcionam as pessoas dentro de edifícios complexos foi investigada, considerando situações do dia a dia e de emergência. Três experiências foram desenvolvidas utilizando a realidade virtual como ambiente de interação. Os resultados apontaram que quando não há sinalética direcional que

informe o caminho a seguir, as variáveis ambientais são capazes de ter influência na decisão sobre a direção a seguir tomada pelas pessoas quando procuram um destino específico, tanto numa situação cotidiana como numa emergência. Entretanto, quando há sinalética direcional disponível, é a informação explícita proveniente dos sinais que mais influenciam as decisões das pessoas sobre os caminhos a seguir. Durante um incêndio, os sinais de saída de emergência convencionais não foram suficientes para encaminhar as pessoas a um local seguro quando comparados com as variáveis do ambiente nas condições estudadas.

A Figura 1 e a Figura 2 mostram exemplos dos ambientes virtuais desenvolvidos para estudar as *affordances* ambientais e consonância comportamental com as sinaléticas direcionais.

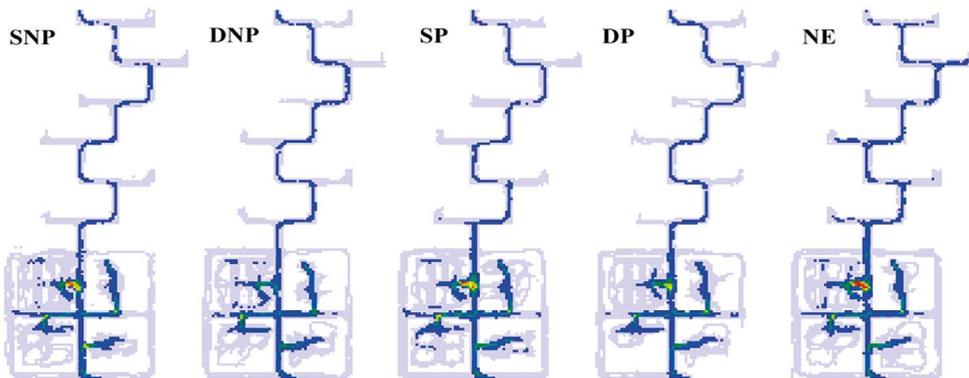


**Figura 1** A imagem de cima apresenta um exemplo do ambiente virtual usado no estudo sobre a influência das variáveis ambientais, no caso a largura e a forma dos corredores, nas decisões espaciais durante a escolha de caminhos no interior de um edifício complexo; já as de baixo mostram um exemplo de ambiente virtual desenvolvido para estudar a influência da iluminação e do tipo de interseção na escolha de caminhos no interior de um edifício.



**Figura 2** Apresenta exemplos do ambiente virtual desenvolvido para estudar a consonância comportamental com a sinalética direcional.

Para dar suporte às pesquisas desenvolvidas pelo laboratório ergoUX, os estudos centrados nas questões tecnológicas e seu desenvolvimento também são foco de interesse. Maioritariamente estão centrados em três áreas: i) aquisição de dados [ref. 37-41]; ii) equipamentos de interação [ref. 42-43] e visualização de dados [ref. 44]. A Figura 3 apresenta um exemplo de matriz de exploração espacial que é dado como resultado pelo programa de aquisição de dados [ref. 41] desenvolvido no laboratório ergoUX.



**Figura 3** Exemplo das matrizes de exploração espacial.

Um exemplo da utilização da realidade virtual em estudos na área do design de produto, foi a pesquisa realizada por Ayanoğlu e colegas [ref. 45] com o objetivo de estudar até que ponto a forma da embalagem pode implicitamente comunicar o nível de perigo do seu conteúdo. Assim a realidade virtual foi usada para estudar os efeitos da forma da embalagem na percepção dos usuários sobre o perigo. Os principais resultados mostraram que os protótipos das embalagens feitos em 3D com baixo nível de detalhe (apenas considerando a forma) foram suficientes para que os participantes percebessem os diferentes níveis de perigo. Os participantes foram mais precisos na percepção no nível do perigo quando as embalagens lhes eram familiares, mesmo quando foram consideradas apenas embalagens de produtos

perigosos. Os resultados desse estudo sugerem que a forma da embalagem tem um papel fundamental na comunicação da informação de risco, uma vez que pode dar pistas sobre seu conteúdo e o nível de periculosidade associado. Assim, os usuários poderiam ser submetidos a um maior nível de risco quando são confrontados com novos designs que não seguem os padrões já amplamente reconhecidos.

Mais recentemente, as pesquisas desenvolvidas pelo laboratório têm se focado também no entendimento das reações emocionais dos usuários às características do design de produtos, sistemas, serviços e ambientes, assim como no uso de biossensores para estudar a resposta humana a características da arquitetura para compreender os efeitos dos ambientes nos seus usuários, utilizando a realidade virtual como ambiente de interação. Um exemplo desses estudos é a pesquisa desenvolvida na área de arquitetura de interiores e relacionada com a resposta emocional dos usuários em um quarto de hospital [ref. 46]. Nesse estudo uma versão reduzida da escala Zipers [ref. 47] foi usada para explorar a resposta emocional dos participantes após interagirem com um quarto de hospital virtual. As variáveis independentes do estudo eram elementos da arquitetura de interiores, como: posters com paisagens, pinturas, plantas e poltronas. Trinta estudantes universitários participaram desse estudo e os principais resultados mostraram que quantos mais elementos presentes, mais positiva era a resposta emocional. Os posters de paisagem e as obras de arte obtiveram respostas positivas, enquanto as poltronas obtiveram respostas mais negativas.

Os biossensores foram usados para recolher informações em uma pesquisa cujo objetivo foi estudar o efeito de elementos ligados à natureza no interior de escritórios na ansiedade dos seus visitantes [ref. 48-49]. Para tal, uma situação de primeira entrevista de emprego foi simulada considerando uma abordagem de realidade virtual não imersiva. Uma narrativa para provocar um alto nível de ansiedade foi usada para envolver os participantes no cenário [ref. 50]. Uma entrevista sobre ansiedade autopercebida e a ativação emocional foram analisados considerando a interação de sessenta e três voluntários com a entrevista de emprego virtual. Os principais resultados sugerem que a presença de elementos ligados à natureza (plantas, vistas de áreas verdes) podem positivamente influenciar a ansiedade em entrevistas em homens, porém estes elementos influenciaram as mulheres negativamente. Na Figura 4 pode-se ver imagens das duas condições experimentais: o ambiente sem elementos da natureza e o elemento com ambientes da natureza.



**Figura 4** Ambiente virtual desenvolvido para estudar o impacto dos elementos da natureza na ansiedade durante entrevistas de primeiro emprego.

## Conclusão

Na última década de 2010, os investimentos no desenvolvimento da realidade virtual e aumentada facilitaram a disponibilização de aplicações e programas informáticos, bem como de plataformas e equipamentos para criar experiências imersivas, disseminando seu uso inclusive em ambientes domésticos. Essa expansão no uso da realidade virtual permitiu ao público em geral ter contato com um novo paradigma para interagir com o mundo. Capacetes que costumavam ter custos muito elevados e ser complicados para configurar e usar (por estes motivos eram maioritariamente utilizados por especialistas e pessoal altamente qualificado nas universidades, órgãos governamentais e nas grandes indústrias para pesquisa e desenvolvimento), estão agora conectados com consoles de jogos, como a Sony PlayStation VR, para oferecer entretenimento em casa. Da apresentação dos primeiros protótipos dos Oculus Rift em 2010 por Palmer Luckey, o interesse na realidade virtual foi renovado. A especulação sobre o uso massivo da realidade virtual é cada vez maior, com autores apontando para seu uso nas áreas de pesquisa, mas também nas áreas comerciais e de lazer [ref. 51], com um grande reforço nas apostas nesta tecnologia, por exemplo com compra, em 2014, da Oculus Rift pelo Facebook. Autores afirmam que os equipamentos de realidade virtual com um custo acessível estão a atrair a atenção, podendo vir a ser o próximo grande salto em inovação tecnológica [ref. 52].

Para além disso, considerar os seres humanos no centro dos processos de arquitetura e design é de grande importância para o desenvolvimento de produtos, sistemas, serviços e ambientes que atendam às necessidades e expectativas de todos. Para tal, entender e antecipar o comportamento humano enquanto interagem com novos paradigmas para produtos e ambientes coloca a realidade virtual no centro das metodologias para o planeamento, desenvolvimento e avaliação nas áreas do design e da arquitetura. Com a disseminação da realidade virtual entre o público

em geral, também se espera o aumento de sua utilização na indústria da AEC de modo a facilitar o processo de comunicação entre agentes envolvidos, e aumentando a adoção de metodologias centradas no Humano na prática profissional. Dessa forma, arquitetos e designers podem comunicar seu trabalho a engenheiros, técnicos, investidores, consumidores e todos os outros agentes envolvidos no processo de uma forma mais eficiente, ultrapassando o problema do desenvolvimento de diferentes imagens mentais do futuro edifício, produto, sistema ou serviço. Com a realidade virtual, o projeto pode ser experimentado em primeira pessoa antes da sua execução, facilitando o diálogo entre todos os intervenientes e promovendo sua melhor percepção.

Como mencionado, no laboratório ergoUX a realidade virtual tem sido utilizada em várias áreas de intervenção, em particular naquelas cujo foco é o estudo do comportamento humano durante a interação com produtos, sistemas e ambientes, promovendo ciclo iterativo de investigação e desenvolvimento de forma a delinear o futuro de novos paradigmas para o design e a arquitetura. Para o futuro, espera-se mesclar o uso de sensores ambientais e biossensores para estudar com mais precisão as percepções e comportamentos humanos, bem como promover uma interação humano-ambiente construído/produto mais adequada.

### Agradecimentos

Este trabalho é financiado por fundos nacionais por intermédio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), I.P., no âmbito do Projeto Estratégico com as referências UIDB/04008/2020, UIDP/04008/2020 e pelo fundo plurianual LARSyS-FCT 2020-2023 (UIDB/50009/2020).

### REFERÊNCIAS

- [1] Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., Behar, J. v, Hern, S. C., & Engelmann, W. H. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS) A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11, 231–252. <https://indoor.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-47713.pdf>
- [2] World Economic Forum. (2017). *Shaping the Future of Construction: Inspiring innovators redefine the industry*. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Shaping\\_the\\_Future\\_of\\_Construction\\_Inspiring\\_Innovators\\_redefine\\_the\\_industry\\_2017.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_Inspiring_Innovators_redefine_the_industry_2017.pdf)
- [3] Groat, L., & Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. John Wiley and Sons.
- [4] Noguchi, M., Ma, N., Woo, C., Chau, H., & Zhou, J. (2018). The Usability Study of a Proposed Environmental Experience Design Framework for Active Ageing. *Buildings*, 8(12), 167. <https://doi.org/10.3390/buildings8120167>

- [5] Verma, H., Alavi, H. S., & Lalanne, D. (2017). Studying space use: Bringing HCI tools to architectural projects. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, 2017-May*, 3856–3866. <https://doi.org/10.1145/3025453.3026055>
- [6] International Organization for Standardization. (1998). *ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11 Guidance on usability*. <https://www.sis.se/api/document/preview/611299/>
- [7] Madan, A., & Dubey, S. K. (2012). Usability Evaluation Methods: A literature review. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(2), 590-599. <http://www.amity.eduhttp://www.amity.edu>
- [8] International Organization for Standardization. (2010). *ISO 9241-210:2010 - Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems* (p. 32). International Organization for Standardization (ISO). [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=52075](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=52075)
- [9] International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction-Part 11: Usability: Definitions and concepts*. <https://www.sis.se/api/document/preview/80003410/>
- [10] Vilar, E., Rebelo, F., Noriega, P., & Filguieras, E. (2022). A Human-Centered Architecture: Considering Usability and User Experience in Architectural Design. In M. M. Soares, F. Rebelo, & T. Z. Ahram (Eds.), *Handbook of usability and user-experience: methods and techniques* (1st ed., Vol. 2, p. 197-217). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429343490-15>
- [11] Li, X., Yi, W., Chi, H. L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>
- [12] Rebelo, F., Noriega, P., Duarte, E., & Soares, M. (2012). Using virtual reality to assess user experience. *Human Factors*, 54(6), 964–982. <https://doi.org/10.1177/0018720812465006>
- [13] Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2), 0–0. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>
- [14] Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
- [15] Vilar, E. (2012). *Using Virtual Reality to Study the Influence of Environmental Variables to Enhance Wayfinding within complex buildings*.
- [16] Jansen-Osmann, P. (2002). Using desktop virtual environments to investigate the role of landmarks. *Computers in Human Behavior*, 18(4), 427–436. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(01\)00055-3](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(01)00055-3)
- [17] Mantovani, G., Gamberini, L., Martinelli, M., & Varotto, D. (2001). Exploring the Suitability of Virtual Environments for Safety Training: Signals, Norms and Ambiguity in a Simulated Emergency Escape. *Cognition, Technology & Work*, 3(1), 33–41. <https://doi.org/10.1007/pl00011519>

- [18] Vilar, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2014). Indoor Human Wayfinding Performance Using Vertical and Horizontal Signage in Virtual Reality. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(6), 601–615. <https://doi.org/10.1002/hfm.20503>
- [19] Vilar, E., Duarte, E., Rebelo, F., Noriega, P., & Filgueiras, E. (2014). A Pilot Study Using Virtual Reality to Investigate the Effects of Emergency Egress Signs Competing with Environmental Variables on Route Choices. In M. A. (Ed.), *Design, User Experience, and Usability. User Experience Design for Everyday Life Applications and Services. DUXU 2014. Lecture Notes in Computer Science* (p. 369-377). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07635-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07635-5_36)
- [20] Fortune Business Insights. (2020). *Virtual Reality Market Share, Growth | VR Industry Trends [2020-2027]*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-market-101378>
- [21] Marasco, A., & Balbi, B. (2019). Designing Accessible Experiences for Heritage Visitors Through Virtual Reality. *E-Review of Tourism Research*, 17(3), 426–443. <https://journals.tdl.org/ertr/index.php/ertr/article/view/526/165>
- [22] Tussyadiah, I. P., Jung, T. H., & Tom Dieck, M. C. (2018). Embodiment of Wearable Augmented Reality Technology in Tourism Experiences. *Journal of Travel Research*, 57(5), 597–611. <https://doi.org/10.1177/0047287517709090>
- [23] Seth, A., Vance, J. M., & Oliver, J. H. (2011). Virtual reality for assembly methods prototyping: a review. *Virtual Reality*, 15(1), 5–20. <https://doi.org/10.1007/s10055-009-0153-y>
- [24] Williams-Bell, F. M., Kapralos, B., Hogue, A., Murphy, B. M., & Weckman, E. J. (2015). Using Serious Games and Virtual Simulation for Training in the Fire Service: A Review. *Fire Technology*, 51(3), 553–584. <https://doi.org/10.1007/s10694-014-0398-1>
- [25] Cha, M., Han, S., Lee, J., & Choi, B. (2012). A virtual reality-based fire training simulator integrated with fire dynamics data. *Fire Safety Journal*, 50, 12–24. <https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2012.01.004>
- [26] International Organization for Standardization, (2011). (2019). *ISO - ISO 9241-210:2019 - Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- [27] Sanders, E. (2003). From user-centered to participatory design approaches. In Jorge Frascara (Ed.), *Design and the Social Sciences: Making connections* (p. 18-25). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203301302-8>
- [28] Schuler, D., & Namioka, A. (1993). *Participatory Design: Principles and Practices - Google Livros* (D. Schuler & A. Namioka, Eds.). Lawrence Erlbaum Associates. [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=pW0Ek6Sk4YkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=participatory+design&ots=pZBrtnraPl&sig=N4xWNhOINCd6fr0VoQmGkaemjDk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=participatory%20design&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=pW0Ek6Sk4YkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=participatory+design&ots=pZBrtnraPl&sig=N4xWNhOINCd6fr0VoQmGkaemjDk&redir_esc=y#v=onepage&q=participatory%20design&f=false)

- [29] Bruno, F., & Muzzupappa, M. (2010). Product interface design: A participatory approach based on virtual reality. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(5), 254–269. <https://doi.org/10.1016/J.IJHCS.2009.12.004>
- [30] Tideman, M., van der Voort, M. C., & van Houten, F. J. A. M. (2008). A new product design method based on virtual reality, gaming and scenarios. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2(4), 195–205. <https://doi.org/10.1007/s12008-008-0049-1>
- [31] Duarte, E. (2010). *Using virtual reality to assess behavioral compliance with warnings*. Technical University of Lisbon.
- [32] Duarte, E., & Rebelo, F. (2007). Virtual reality in the study of warnings effectiveness. In M. J. Dainoff (Ed.), *Proceedings of the 2007 international conference on Ergonomics and health aspects of work with computers* (p. 189-198). Springer-Verlag.
- [33] Duarte, E., Rebelo, F., Teles, J., & Wogalter, M. S. (2014). Behavioral compliance for dynamic versus static signs in an immersive virtual environment. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1367–1375. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.10.004>
- [34] Duarte, E., Rebelo, F., Teles, J., & Wogalter, M. S. (2010). Behavioral Compliance in Virtual Reality: Effects of Warning Type. In D. B. Kaber & G. Boy (Eds.), *Advances in Cognitive Ergonomics* (p. 812-821). CRC Press/Taylor & Francis, Ltd. <http://www.safetyhumanfactors.org/wp-content/uploads/2011/12/312DuarteRebeloTelesWogalter2010.pdf>
- [35] Vilar, E. (2012). *Using Virtual Reality to Study the Influence of Environmental Variables to Enhance Wayfinding within Complex Buildings* [Doctor of Philosophy in Ergonomics]. University of Lisbon.
- [36] Vilar, E., & Rebelo, F. (2016). Virtual reality in wayfinding studies: A pilot study. In G. Salvendy & W. Karwowski (Eds.), *Advances in Cognitive Ergonomics* (p. 10). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/EBK1439834916>
- [37] Teixeira, L., Rebelo, F., & Filgueiras, E. (2010). Human interaction data acquisition software for virtual reality: A user-centered design approach. In D. B. Kaber & G. Boy (Eds.), *Advances in Cognitive Ergonomics. Advances in Human Factors and Ergonomics Series* (p. 793-801). CRC Press/Taylor & Francis, Ltd.
- [38] Teixeira, L., Rebelo, F., & Filgueiras, E. (2010). Human Interaction Data Acquisition Software for Virtual Reality. In D. Kaber & G. Boy (Eds.), *Advances in Cognitive Ergonomics* (p. 793-801). CRC Press. <https://doi.org/doi:10.1201/EBK1439834916-c79> 10.1201/EBK1439834916-c79
- [39] Teixeira, L., Vilar, E., Duarte, E., & Rebelo, F. (2010). ErgoVR – Uma abordagem para recolha automática de dados para estudos de ergonomia no design. In P. Arezes, J. S. Baptista, M. P. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R. Melo, A. S. Miguel, & G. P. Perestrelo (Eds.), *Proceedings of SHO2010 International Symposium on Occupational Safety and Hygiene 1112 February 2010 Guimarães* (p. 505-509). Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais - SPOSHO.

- [40] Teixeira, L., Duarte, E., Vilar, E., & Rebelo, F. (2011). The use of virtual reality for design studies. In E. Côrte-Real (Ed.), *Senses Sensibility in Lisbon Design Marketing and Visual Culture in the right place 6th UNIDCOMIADE International Conference*.
- [41] Teixeira, L., Vilar, E., Duarte, E., & Rebelo, F. (2010). ErgoVR - An approach for automatic data collection for Ergonomics in Design studies. In P. Arezes, J. S. Baptista, M. P. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R. Melo, A. S. Miguel, & G. P. Perestrelo (Eds.), *International Symposium on Occupational, Safety and Hygiene - SHO 2010* (p. 505-509). Portuguese Society of Occupational Safety and Hygiene (SPOSHO). <http://www.sposho.pt/sho2010/proceedings2010.pdf>
- [42] Teixeira, L., Vilar, E., Duarte, E., Rebelo, F., & Moreira da Silva, F. (2012). Comparing two types of navigational interfaces for Virtual Reality. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41(1), 2195–2200. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0649-2195>
- [43] Teixeira, L., Vilar, E., Duarte, E., Noriega, P., Rebelo, F., & Moreira da Silva, F. (2013). Strategy for the development of a walk-in-place interface for virtual reality. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 8014 LNCS* (Issue PART 3). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2_46)
- [44] Teixeira, L., Duarte, E., Teles, J., Vital, M., Rebelo, F., & da Silva, F. M. (2012). Using space exploration matrices to evaluate interaction with virtual environments. In *Advances in Usability Evaluation Part II* (p. 3-11). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12324-3>
- [45] Ayanoğlu, H., Rebelo, F., Duarte, E., Noriega, P., & Teixeira, L. (2013). Using virtual reality to examine hazard perception in package design. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8014 LNCS(PART 3), 30–39. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2_4)
- [46] Dinis, S., Duarte, E., Noriega, P., Teixeira, L., Vilar, E., & Rebelo, F. (2013). Evaluating Emotional Responses to the Interior Design of a Hospital Room: A Study Using Virtual Reality. In *Design, User Experience, and Usability. User Experience in Novel Technological Environments* (Vol. 8014, p. 475-483). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2_52)
- [47] Zuckerman, M. (1977). Development of a situation-specific trait-state test for the prediction and measurement of affective responses. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 45(4), 513–523. <https://doi.org/10.1037//0022-006x.45.4.513>
- [48] Borges, T., Vilar, E., Noriega, P., Ramos, S., & Rebelo, F. (2016). Virtual Reality to Study Job Interview Anxiety: Evaluation of Virtual Environments. In F. Rebelo & M. Soares (Eds.), *Advances in Ergonomics in Design: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Ergonomics in Design, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA* (p. 25-33). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-41983-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-41983-1_3)

- [49] Vilar, E., Noriega, P., Borges, T., Rebelo, F., & Ramos, S. (2020). Can an Environmental Feature Influence Interview Anxiety?: A Virtual Reality Study. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12202 LNCS, 351–369. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-49757-6\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49757-6_25)
- [50] Borges, T., Ramos, S., Vilar, E., Noriega, P., & Rebelo, F. (2015). Interview Anxiety Narrative Validation for a Virtual Reality-based Study. *Procedia Manufacturing*, 3, 5934–5940. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.682>
- [51] Desai, P. R., Desai, P. N., Ajmera, K. D., & Mehta, K. (2014). A Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 13(4). <http://www.ijettjournal.org>
- [52] Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*, 9(NOV). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>