

## USO DE REALIDADE VIRTUAL POR TÉCNICOS DE MOBILIDADE URBANA PARA ANÁLISE DE PROJETOS DE CALÇADA

**Gabriel Santos Chagas**  
**Daniel Sergio Presta García**  
**Christine Tessele Nodari**  
**Giovana Facchini**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

### RESUMO

As grandes cidades brasileiras se desenvolveram baseadas em pensamentos que priorizaram a utilização de automóveis como principal meio de transporte, resultando em vias de baixa caminhabilidade. Atualmente, tem se repensado o desenho viário para torná-lo mais democrático, tornando a avaliação da qualidade das calçadas importante. A aplicação de realidade virtual está frequente na engenharia, porém a maioria dos estudos sobre caminhabilidade com a ferramenta buscam apenas identificar o comportamento dos pedestres. Sendo assim, este artigo realizou um experimento para testar realidade virtual na avaliação de um projeto reurbanização envolvendo melhoria de calçadas. A pesquisa foi desenvolvida utilizando cenário virtual do projeto de requalificação urbana da Rua João Alfredo com técnicos de mobilidade urbana de Porto Alegre. A metodologia foi baseada na visualização de 8 princípios que tornam calçadas adequadas. O estudo mostrou que utilizar realidade virtual é válido como ferramenta complementar aos métodos convencionais de avaliação de calçadas.

### ABSTRACT

Big cities in Brazil have grown based on thoughts that prioritized the use of motorized vehicles as the main transport mode, resulting in traffic ways with low walkability levels. Nowadays, the urban draw has been rethought to become more democratic and inclusive, therefore, the evaluation of the sidewalk's quality is so important. Furthermore, the apply of virtual reality technologies is every day more common in several engineering areas, but, to walkability, the most of studies with these tools only seek to identify the pedestrian's behavior. For that reason, this article performed an experiment to test virtual reality in the evaluation of an urban redevelopment project involving sidewalk improvement. The methodology was made according to the 8 principles to better sidewalks. The research shows that the use of virtual reality is valid as a complementary tool to the conventional methods of sidewalk's design projects analysis.

### 1. INTRODUÇÃO

Com o surgimento das grandes cidades, na antiguidade, muito antes de se imaginar a existência de veículos motorizados, os arruamentos urbanos se tornaram locais tumultuosos. Carroças dividiam espaços junto das pessoas andando a pé, o que forçou a divisão do fluxo e a introdução das calçadas (Da Silva, 2014). Tal divisão pode ser observada em cidades da antiguidade, as ruínas da cidade de Pompeia, por exemplo, mostrada na foto da Figura 1, guardam um registro deste acontecimento. Este novo espaço era utilizado não só como local de transporte, mas também de convivência e de realização de atividades por distintos indivíduos como vendedores, barbeiros, artistas etc.

A maioria das grandes metrópoles da América Latina e do Brasil se desenvolveram com base em pensamentos que priorizaram a utilização de automóveis como principal meio de transporte. O resultado disso foram vias urbanas com baixos níveis de conforto e segurança devido ao pouco espaço destinado ao trânsito a pé em favorecimento do transporte por veículos motorizados (Jacobs, 2016). Entretanto, a melhora da qualidade de vida e o surgimento de ideais mais humanísticos, sustentáveis e de conservação do meio ambiente demandaram a readequação dos espaços urbanos a partir de projetos onde o pedestre esteja bem mais priorizado (Caccia, 2015).



**Figura 1:** Arruamento com calçadas de mais de 2.000 anos em Pompeia, na Itália.

Ao longo das décadas, diversas pesquisas foram realizadas na tentativa promover projetos de ruas, que antes eram desenhadas pensando exclusivamente nos meios motorizados, a formas que privilegiam outros meios mais inclusivos. Nesse sentido, buscando entender o que leva as pessoas a escolherem utilizar o transporte a pé ou o que leva uma via a ser mais ou menos utilizada para este fim foi disseminado o conceito de caminhabilidade. Esse termo retrata as condições das vias urbanas pelo ponto de vista do pedestre, ou seja, se torna um índice que retrata as características que favorecem sua utilização para o deslocamento a pé (ITDP, 2018).

O conceito de Rua Completa busca repensar o desenho viário e tornar o espaço público de convivência e as vias seguras para todos os seus usuários (Babb e Watkins, 2016). No Brasil, diversos projetos passaram a ser elaborados seguindo este conceito, entre eles o projeto de requalificação urbana da Rua João Alfredo em Porto Alegre, que “busca criar espaços de permanência confortáveis e seguros para os pedestres” (Santos et al., 2021).

O crescente avanço tecnológico e computacional tem disponibilizado novas ferramentas de apoio aos projetos de engenharia. A aplicação de tecnologias de realidade virtual tem se tornado mais frequente em diversas áreas, contribuindo para uma melhor visualização de projetos por meio da sua experiência imersiva e interativa. A utilização da ferramenta se torna interessante em pesquisas no qual são estudados situações ou cenários ainda não existentes (Freina e Ott, 2015). A realidade virtual pode ajudar a melhorar a segurança dos pedestres ao simular situações de tráfego e estudar o comportamento dos pedestres (Ye et al., 2020). Além disso, a ferramenta pode ser utilizada para simular diferentes tipos de calçadas e estudar a sua acessibilidade. Todavia, dentro da área de mobilidade, seu uso está muito ligado a estudos de segurança viária e simuladores de direção (Bella, 2009). Há, portanto, um potencial a ser explorado nos estudos sobre a implementação desta tecnologia para a análise e elaboração de projetos de infraestrutura urbana.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo testar o potencial de o uso da realidade virtual na avaliação de um projeto reurbanização envolvendo melhoria das calçadas. Partindo do pressuposto que essa análise atualmente é feita utilizando métodos e ferramentas convencionais, como plataformas bidimensionais e visitas a campo, será traçado um comparativo com esta nova forma de análise. Além de verificar a aplicação da ferramenta para avaliação dos projetos de calçadas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão teórica deste artigo foi organizada em duas subseções. A primeira subseção apresenta uma revisão da literatura sobre as metodologias de análise de calçadas e os princípios que norteiam a provisão de ambientes caminháveis. A segunda subseção apresenta uma síntese a respeito do uso de realidade virtual em transportes e projetos de mobilidade urbana.

### 2.1. Projetos de calçadas adequadas

A Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU (Brasil, 2012) apresenta diretrizes para a qualificação da mobilidade urbana nos municípios do território brasileiro, destacando o dever de se construir uma infraestrutura de transportes mais democrática e inclusiva. Dentre essas diretrizes está o incentivo aos meios de transporte não motorizados. Nesse sentido, a elaboração de projetos favorecedores da acessibilidade e da mobilidade dos pedestres é um fator essencial.

As características que as calçadas devem apresentar para que sejam consideradas rotas acessíveis são dadas em normas técnicas como a ABNT NBR 9050 (ABNT, 2015), que evidencia os parâmetros relacionados à circulação e acessibilidade em áreas externas e espaços públicos. O nível de serviço das calçadas é diretamente impactado pela aplicação de tais normas, contudo, a avaliação da qualidade dos espaços para pedestres não está relacionada apenas aos aspectos físicos devido à complexidade da interação do indivíduo com esse espaço.

A influência de aspectos qualitativos como conforto, segurança, agradabilidade e acessibilidade sob a caminhada foi apontada pelos estudos de Mori e Tsukaguchi (1987), Sarkar (1993), Khisty (1994) e Dixon (1996). Owen (2004) acrescenta que existem diferenças nessas influências entre o caminhar como exercício físico e o caminhar com objetivo de ir e vir até determinado destino. Na literatura, existem diversos trabalhos que buscam desenvolver um método que meça a qualidade dos espaços caminháveis ou a sua atratividade, de forma a entender o que leva um indivíduo a ter vontade de utilizar os espaços a pé, ou seja, entender o nível de caminhabilidade de um espaço viário (Arellana et al., 2019).

Ferreira e Sanches (2001) propuseram o Índice de Qualidade das Calçadas – IQC e o ITDP (2018) lançou a segunda versão do índice de caminhabilidade – iCam, metodologias que pontuam o nível de qualificação de calçadas focado em cidades brasileiras. Contudo, assim como os métodos de Khisty (1994) e Dixon (1996), esses instrumentos desenvolvidos voltados ao contexto de vias já existentes, o que torna a aplicação desses métodos menos adequada para projetos ainda não implementados, o que poderia incorrer em resultados imprecisos. Entretanto, World Resources Institute - WRI (2017) sintetiza diversas referências relevantes relacionadas a elaboração de projetos de calçadas em um trabalho sobre infraestrutura para pedestres voltado a regiões como o Brasil.

WRI (2017) propõe oito princípios definidos por meio da revisão de mais de 30 documentos que englobam publicações, normas e legislações. Os elementos foram agrupados nos princípios por especialistas vinculados ao WRI de acordo com o potencial resultado para o espaço urbano. Todos os princípios possuem o mesmo nível de importância, porém pode depender do contexto de cada local. Por exemplo, para uma área com um grande número de idosos, o princípio “Acessibilidade Universal” pode ser o mais importante. A

Tabela 1 detalha todos os oito princípios propostos pelo artigo WRI (2017).

**Tabela 1:** Os 8 princípios para calçadas adequadas. Fonte: WRI (2017).

PRINCÍPIO	O QUE É?	ELEMENTOS	CONTRIBUIÇÃO
Dimensionamento adequado	Largura da calçada compatível com os usos no local	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faixa livre</li> <li>• Faixa de serviço</li> <li>• Faixa de transição</li> </ul>	Garante espaço suficiente para que as pessoas transitem e permaneçam nas calçadas.
Acessibilidade universal	Uso de elementos para facilitar o acesso por todas as pessoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebaixamento da calçada</li> <li>• Piso tátil</li> <li>• Inclinação longitudinal</li> </ul>	Contribui para tornar o espaço urbano inclusivo
Conexões seguras	Elementos urbanos que interligam as calçadas e contribuem para a formação de uma rede	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectividade</li> <li>• Esquinas</li> <li>• Faixa de travessia de pedestres</li> <li>• Pontos de parada e estações do transporte coletivo</li> </ul>	Propicia deslocamentos a pé contínuos e conectados com outros meios de transporte.
Sinalização coerente	Conjunto de sinais que orientam os pedestres no espaço urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinalização informativa</li> <li>• Semáforos para pedestres"</li> </ul>	Provê informações sobre a cidade na escala do pedestre
Espaço atraente	Elementos que contribuem para tornar o espaço agradável	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetação</li> <li>• Mobiliário urbano"</li> </ul>	Motiva as pessoas a caminharem e permanecerem no espaço público urbano
Segurança permanente	Aspectos que conferem melhoria de segurança pública ao ambiente urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminação pública</li> <li>• Fachadas ativas"</li> </ul>	Aumenta a sensação de segurança nos deslocamentos a pé
Superfície qualificada	Técnicas para assegurar um piso firme e regular para o calçado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas de concreto</li> <li>• Blocos intertravados</li> <li>• Ladrilho hidráulico</li> </ul>	Confere segurança e conforto para os pedestres
Drenagem eficiente	Técnicas para promover o escoamento das águas pluviais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclinação transversal</li> <li>• Jardim de chuva"</li> </ul>	Contribui para manter a funcionalidade da calçada

## 2.2. Realidade virtual em projetos de engenharia

Em diversas etapas da construção civil existem potenciais usos de VR – *Virtual Reality*, desde o engajamento de *stakeholders*, elaboração do projeto, análise e revisão, suporte à execução, treinamentos até a manutenção e operação. Na etapa de análise de projetos, segundo Delgado (2020), o emprego de realidade virtual é um facilitador, pois os responsáveis ganham um melhor entendimento da relação espacial, conseguem promover interação e podem visualizar erros mais facilmente. Os modelos virtuais ainda apresentam informações bem estruturadas e de fácil compreensão de uma maneira impossível de se obter por documentos em CAD 2D tradicionais, por exemplo. Os profissionais conseguem analisar sob diferentes perspectivas por meio de uma navegação livre nesses modelos, o que facilita a discussão de soluções e troca de ideias entre um grande grupo de diferentes profissionais, por isso a ferramenta se tornou popular nas reuniões de revisões (Woksepp e Olofsson, 2008).

Devido ao seu grande potencial, diversos estudos buscam implementar a ferramenta juntamente com projetos em BIM - *Building Information Model*. Du et al. (2018) estudou uma forma de sincronizar os projetos em BIM, em tempo real para o VR a fim de auxiliar na colaboração entre projetistas e nas tomadas de decisão. De acordo com Getuli et al. (2020), a integração de BIM com VR tem realmente melhorado o desenvolvimento dos projetos, mas possui uma grande lacuna de estudos para a validação do uso para cada tipo de empreendimento. Em relação ao transporte a pé especificamente, na literatura, a maioria dos trabalhos com realidade virtual buscam apenas identificar o comportamento dos pedestres (Deb et al., 2017), não sendo

explorado seu potencial de uso por profissionais na elaboração, análise ou comparação de alternativas de projetos.

Mesmo com todos seus potenciais, existe um ponto de atenção em relação ao uso de realidade virtual. O VR pode gerar ao usuário sensação de desconforto e aparecimento de sintomas como tontura, fadiga, vista cansada, dor de cabeça, entre outros, o que caracteriza o chamado *Simulator Sickness* (Kennedy et al., 1993). Conforme Classen et al. (2011), os sintomas aparecem devido a desarmonia da movimentação existente no virtual com o real, chamado de *Motion Sickness*. Esses desconfortos podem atrapalhar a experiência no ambiente virtual e influenciar negativamente nos estudos que utilizam tal ferramenta. A aplicação do *Simulator Sickness Questionnaire* - SSQ, formado por perguntas que englobam os 16 sintomas, mensura o desconforto dos participantes (Carvalho et al., 2011). Alguns participantes podem ser até descartados da amostra caso apresentem alto nível de sintomas, a partir de suas respostas no SSQ, já que, por consequência, deve haver distorções em suas respostas no experimento ou correlações podem ser invalidadas em detrimento da presença agravada de tais efeitos.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Sistema de Transportes (LASTRAN) da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EE/UFRGS). O estudo envolveu os técnicos responsáveis pela coordenação de projetos de mobilidade urbana do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A amostra de participantes da pesquisa representa mais da metade do universo de técnicos na função. Do total de 4 técnicos participantes, 3 eram da Empresa Pública de Transporte e Circulação - EPTC e 1 da Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana - SMMU. Os técnicos possuíam entre 8 e 23 anos de experiência na função, metade com formação em Arquitetura e Urbanismo e metade formada em Engenharia Civil.

#### 3.1. Projeto Virtual

A pesquisa foi desenvolvida utilizando um cenário virtual criado a partir do modelo tridimensional do projeto de requalificação urbana da Rua João Alfredo em Porto Alegre, elaborado pela empresa Encop Engenharia Ltda. para a Prefeitura Municipal de Porto Alegre por meio de um processo licitatório. Portanto, o cenário retrata fielmente um projeto de infraestrutura e mobilidade urbana real a ser possivelmente implementado na cidade.



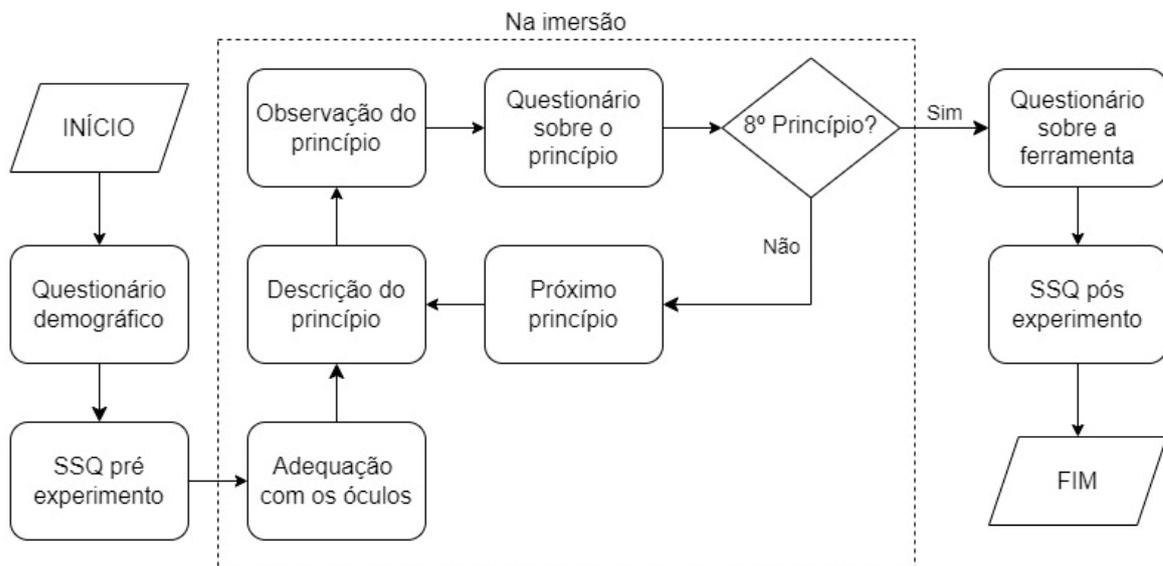
**Figura 2:** Modelo tridimensional do projeto da Rua João Alfredo.

O modelo virtual foi construído no *software* de arquitetura *Sketchup*. Este *software* possui um plugin chamado *SketchVR*, que permite visualizar e editar qualquer projeto utilizando óculos de realidade virtual, sendo usado para esse trabalho o *Oculus Rift*. A ferramenta permite visualizar o modelo em diversas escalas, até mesmo em escala real e, para esse caso, dá ao usuário a possibilidade de simular o ato de estar caminhando, imerso no projeto. Os técnicos participantes da pesquisa puderam se colocar desta maneira para observar e perceber os elementos do espaço e responder a um questionário sobre caminhabilidade durante a imersão em realidade virtual.

### 3.2. Experimento

Primeiramente, foi realizada uma etapa de preparação para o experimento. Nessa etapa foram apresentados aos técnicos a descrição dos princípios de calçadas adequadas que deveriam ser observados no projeto. A descrição disponibilizada continha, para cada um dos princípios, o nome, o que é, quais são os elementos que o compõem e qual a sua contribuição esperada para a melhoria da qualidade das calçadas.

Os técnicos participantes da pesquisa responderam a 5 questionários, nessa ordem: (i) dados do perfil, (ii) questões referentes ao *Simulator Sickness Questionnaire* pré experimento, (iii) questões sobre a percepção dos 8 princípios analisados em realidade virtual, (iv) questões referentes ao *Simulator Sickness Questionnaire* pós experimento (v) questionário sobre a ferramenta. Os entrevistados responderam os questionários de *Simulator Sickness* antes e depois da imersão com os óculos de realidade virtual, de forma a determinar uma possível ocorrência dos sintomas. O fluxograma da Figura 3 ilustra todo o processo do experimento.



**Figura 3:** Procedimento do experimento

O primeiro passo do experimento consistiu na adaptação dos voluntários ao ambiente virtual de forma a entender a dinâmica e o funcionamento dos controles de movimentação no equipamento. A adaptação foi feita dentro do próprio modelo de realidade virtual do projeto. Só depois do técnico adaptado, iniciava-se o experimento de fato.

No experimento, o técnico voluntário percorreu o projeto virtual e respondeu a um questionário enquanto estava imerso em realidade virtual. O questionário relativo à percepção dos 8 princípios estudados foi conduzido inteiramente de forma oral pelos pesquisadores. por meio

da leitura das questões e o técnico voluntário retornava com a resposta oralmente, enquanto se mantinha imerso ao projeto. Para cada princípio, o técnico voluntário tinha o tempo livre para visualizar, no ambiente virtual, todos os aspectos que julgasse pertinentes. Ao dar a sua observação por concluída as respostas eram dadas oralmente e transcritas imediatamente pelo entrevistador.

Para cada princípio da calçada foram feitas três perguntas: (i) aspectos positivos do uso da visualização em ambiente virtual imersivo na avaliação do princípio; (ii) aspectos negativos ou que apresentavam alguma dificuldade na visualização do princípio em análise em realidade virtual imersiva e que, por isso, prejudicavam na avaliação daquele princípio e (iii) nota numérica entre -5 (cinco negativo) a +5 (cinco positivo) referente a diferença na percepção do princípio em realidade virtual comparado aos métodos convencionais de avaliação (em projetos em duas dimensões). Uma nota negativa significava piora da percepção dos princípios em ambiente virtual imersiva em relação ao uso de projetos convencionais em 2D. Uma nota positiva representava melhora e uma nota nula significava indiferença ou que não havia mudança no nível de percepção para aquele princípio.

Após finalizar a avaliação do oitavo princípio, o experimento imersivo era finalizado. Em seguida, eram feitas as perguntas sobre a ferramenta de realidade virtual de forma geral solicitando pontos positivos e negativos da ferramenta sentidos pelo voluntário. Por fim, o técnico voluntário ainda respondia as questões relacionadas ao *Simulator Sickness* sobre os efeitos pós imersão.



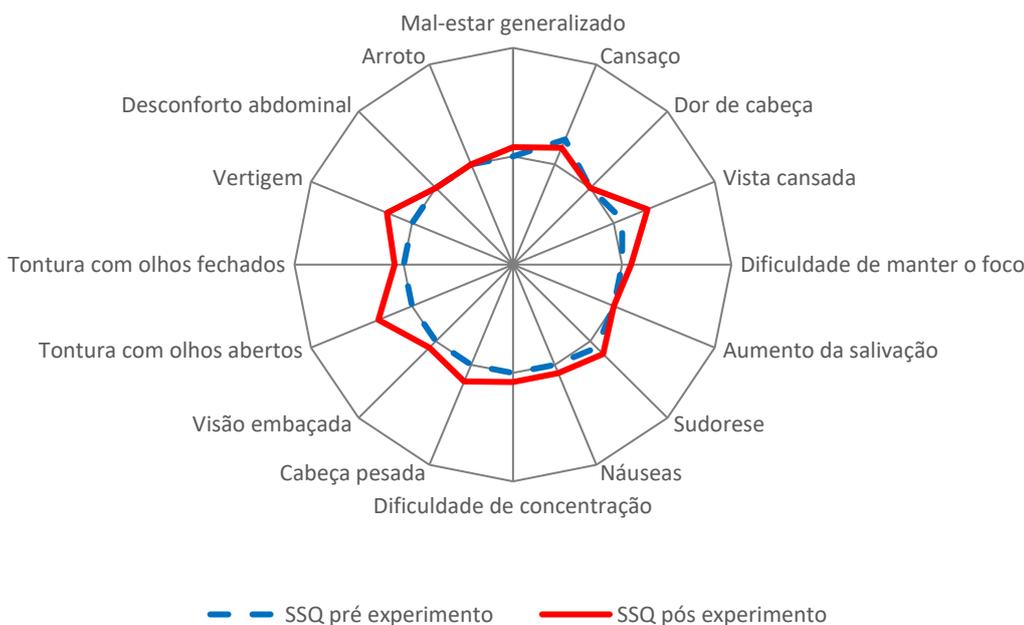
**Figura 4:** Técnico durante a imersão no ambiente virtual.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A seguir serão mostrados os resultados obtidos a partir das respostas dos técnicos voluntários. A seção está estruturada em duas subseções: a primeira sintetiza a análise do *Simulator Sickness* medido por meio do *SSQ questionnaire*. A segunda seção apresenta os resultados relativos a percepção dos 8 princípios das calçadas em realidade virtual e sobre o uso da ferramenta.

#### 4.1. Simulator Sickness

Para a análise dos efeitos do *Simulator Sickness* foram mensuradas por meio de uma média ponderada das frequências de respostas considerando as notas 1, 2, 3 e 4 para “nada”, “leve”, “moderado” e “severo” respectivamente, conforme Nodari et al. (2017). Na Figura 5, o círculo interno, de raio 1, indica a menor intensidade possível dos sintomas, enquanto o círculo externo, de raio 4, indica a maior possível. A linha azul tracejada corresponde ao SSQ pré experimento e a linha vermelha ao SSQ pós experimento.



**Figura 5:** Sintomas de *Simulator Sickness* antes e depois do experimento.

Os principais sintomas que tiveram aumento da intensidade após o uso dos óculos de realidade virtual foram vista cansada, cabeça cansada, tontura com olhos abertos e vertigem. Dos quatro técnicos voluntários, apenas um relatou sintomas com nível severo ou moderado, sendo esses tontura com olhos abertos e vertigem. Conforme relato do técnico, tais efeitos foram sentidos apenas ao término do experimento depois da remoção do equipamento, não influenciando na experiência no ambiente virtual e, portanto, sem impacto negativo no estudo.

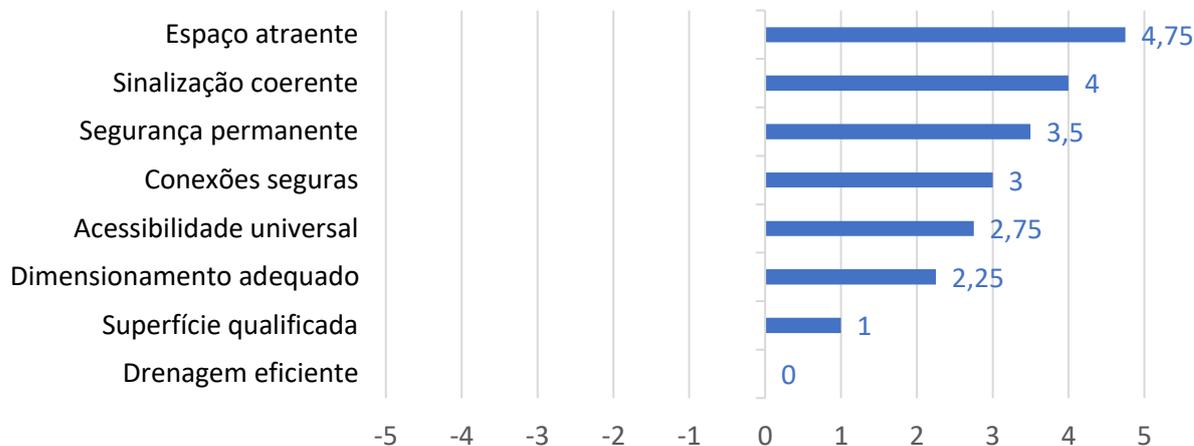
Segundo Nodari et al. (2017), um tempo de exposição no ambiente virtual é considerado grande quando maior que oito minutos. Contudo, o experimento realizado levou em média trinta minutos de imersão para cada técnico, portanto seria coerente esperar algum agravamento dos sintomas relativos ao *Simulator Sickness*, porém não houve grandes problemas gerados durante a avaliação de calçadas em realidade virtual.

#### 4.2. Visualização dos princípios

Os métodos comumente utilizados para análise de calçadas em projetos de requalificação urbana são a visualização de plantas, cortes e perfis dos projetos em duas dimensões via arquivos PDF ou por arquivos tipo CAD. Alguns técnicos também citaram o uso do *Google Earth*, *Google Street View* e de vistorias ao local de execução do projeto para aferir o atendimento às adequações propostas para as calçadas.

Para a análise da comparação da visualização dos 8 princípios para calçadas adequadas (Figura 6) em realidade virtual versus métodos tradicionais, foi calculada a média da pontuação

atribuída para cada princípio que variou de -5 a +5, sendo +5 o valor dado àqueles princípios que a percepção em ambiente virtual é significativamente melhor em relação a visualização nos métodos tradicionais. Também foram discutidos os aspectos qualitativos descritos pelos técnicos que ajudam ou prejudicam na análise de projetos com o uso da ferramenta de realidade virtual.



**Figura 6:** Pontuação média dos princípios.

O princípio “dimensionamento adequado” teve uma pontuação média igual a +2,25, o que pode ser considerado como uma melhoria leve em relação aos métodos convencionais. O principal aspecto positivo informado pelos técnicos é a visão em escala real, que dá sensação de presença no ambiente e de verticalização dos entornos e dos obstáculos. Contudo, o que pesou negativamente foi a ausência do valor das dimensões ou de uma ferramenta de medição para verificar o atendimento às normas relativas às larguras da calçada. É interessante salientar, porém, que existem ferramentas de medição do projeto no ambiente virtual, que até mesmo o próprio *Sketch VR* possui, porém que não foram apresentadas aos técnicos nem utilizadas no experimento.

A visualização em escala real também foi um aspecto qualitativo positivo para o princípio “acessibilidade universal”, que, juntamente à sensação de caminhada que o método proporcionou, agregou na avaliação do princípio, segundo os técnicos. A visualização das rampas e das larguras para locomoção em cadeira de rodas também foi elogiada pelos técnicos. Da mesma forma que para o princípio anterior, a ausência de estabelecer medidas foi o ponto negativo mais mencionado para este princípio e sua pontuação média ficou em +2,75.

Com uma pontuação média de +3, para o princípio “conexões seguras”, o fator positivo mais citado foi a percepção visual em 360°, que permitia identificar as dificuldades das travessias. Entretanto, foi citado que a visualização em duas dimensões permite a identificação dos raios de giro dos veículos, aspecto esse que influencia na segurança dos pedestres e não pode ser mensurado por este método.

O item “sinalização coerente” obteve uma pontuação alta, +4, equivalente a uma grande melhoria para fins de avaliação. Segundo os técnicos, a percepção do ponto de vista do pedestre gerada pela imersão em realidade virtual realmente é mais agregadora que a visão do projeto na forma bidimensional. A noção de distância, a análise da poluição visual e a observação de possíveis ocultações da sinalização foram destaques positivos, enquanto a dificuldade de uma análise do conjunto do projeto de sinalização foi colocada como aspecto negativo.

O uso de realidade virtual se mostrou mais eficaz para avaliação do princípio “Espaço atraente”, que registrou a maior pontuação entre todos os outros princípios, sendo +4,75. A sensação de usufruir dos ambientes criados foi o aspecto mais mencionado, além da noção de altura e espaçamento dos objetos e da vegetação. Nenhum elemento negativo foi citado para o princípio.

A identificação das fachadas verticalizadas foi o fator positivo mais comentado no item “segurança permanente”. Em geral, nos métodos convencionais, as fachadas estão apenas descritas, enquanto no ambiente virtual, é possível visualizar o uso das edificações e conferir segurança. O item obteve uma pontuação média igual a +3,5.

Os princípios “Superfície qualificada” e “Drenagem eficiente” tiveram as piores pontuações, +1 (positivo) e 0, respectivamente. Em ambos os casos, não foi possível ter noção das características físicas do pavimento, como material, caimento e inclinações, informações que poderiam ser facilmente vistas em cortes e detalhamentos, segundo os técnicos. Vale listar os pontos positivos citados, como as delimitações dos gramados e a sensação de conforto visual.

Por fim, foi solicitado que os técnicos voluntários citassem aspectos gerais acerca do método de avaliação em ambiente virtual. A experiência imersiva no projeto e a visualização em profundidade foram os elementos positivos descritos, enquanto a falta de medidas e o desconforto com os óculos foram os pontos depreciativos do método.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou testar o uso da realidade virtual na avaliação de calçadas em projetos de reurbanização. Técnicos responsáveis pela avaliação de projetos de mobilidade do município de Porto Alegre avaliaram o uso da realidade virtual em comparação aos métodos comumente utilizados (visualização de plantas, cortes e perfis dos projetos 2D). Com exceção do item “Drenagem eficiente”, que obteve pontuação nula, todos os itens avaliados obtiveram pontuação média positiva, o que demonstra o bom potencial de uso de realidade virtual como método para avaliação de calçadas comparado aos métodos convencionais. Porém, entende-se que a empolgação pela descoberta dessa nova forma de visualização gerou uma tendência favorável a ele, conforme o estudo de Bangay e Preston (1998), que concluiu que este é um fator de forte influência na imersão. Esse efeito pôde ser notado nos itens com menor nota, “Drenagem eficiente” e “Superfície qualificada”, que, mesmo com mais pontos negativos nas respostas qualitativas, não pontuaram negativos na escala quantitativa.

Como os próprios técnicos expressaram na pesquisa, a utilização dessa ferramenta virtual deve ser complementar às ferramentas utilizadas atualmente, uma vez que agrega detalhes não vistos nestas outras formas tradicionais de análise. O estudo sugere que a possibilidade de acrescentar aspectos relativos as sensações que só podem ser geradas por meio da imersão, é benéfica mas não substitui a avaliação tradicionalmente realizada que permite a análise de elementos únicos e informações essenciais para avaliação dos projetos. O uso de realidade virtual pareceu trazer mais ganhos a avaliação dos princípios das calçadas em que suas adequações dependem mais da experiência da caminhada e da visualização em perspectiva, o que pode ser notado nas pontuações mais altas para os princípios “Espaço atraente” e “Sinalização coerente”. Os princípios mais técnicos, por sua vez, ficaram com pontuações menores.

Diversas mudanças podem ser feitas para estudos futuros. Por exemplo, explorar softwares de criação de jogos (Thabet et al., 2002) com o intuito de criar cenários dinâmicos com carros, pedestres e demais usuários em movimento. Além disso, levando em conta as limitações deste trabalho, produzido com a participação apenas de técnicos de mobilidade urbana do município

de Porto Alegre, estudos como este podem ser aplicados em mais profissionais da área e em outras localidades

A partir desse trabalho, pode-se concluir que é válido o uso de realidade virtual como ferramenta complementar para a avaliação de calçadas em projetos de requalificação urbana. Fica também aberta uma gama de possibilidades de pesquisa na área, visto o potencial da aplicação.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2015). *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro.
- Arellana, J., Saltaín, M., Larrañaga, A. M., Alvarez, V., e Henao, C. A. (2020) Urban walkability considering pedestrians' perceptions of the built environment: a 10-year review and a case study in a medium-sized city in Latin America. *Transport Reviews*, 40(2), 183–203. doi:10.1080/01441647.2019.1703842
- Babb, A., e Watkins, K. E. (2016) Complete Streets Policies and Public Transit. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2543(1), 14–24. doi:10.3141/2543-02
- Bangay, S., e Preston, L. (1998) An investigation into factors influencing immersion in interactive virtual reality environments. *Studies in Health Technology and Informatics*, 58, 43–51.
- Bella, F. (2009) Can Driving Simulators Contribute to Solving Critical Issues in Geometric Design? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2138(1), 120–126. doi:10.3141/2138-16
- Bille, R., Smith, S. P., Maund, K., & Brewer, G. (2014). Extending building information models into game engines. *ACM International Conference Proceeding Series*, 02-03-December-2014. <https://doi.org/10.1145/2677758.2677764>
- Brasil (2012). Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. *Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana*. Brasília.
- Caccia, L. S. (2011) *Mobilidade urbana: políticas públicas e apropriação do espaço em cidades brasileiras* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Carvalho, M. R. de, Costa, R. T. da, e Nardi, A. E. (2011) Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 60(4), 247–252. doi:10.1590/S0047-20852011000400003
- Classen, S., Bewernitz, M., e Shechtman, O. (2011) Driving Simulator Sickness: An Evidence-Based Review of the Literature. *The American Journal of Occupational Therapy*, 65(2), 179–188. doi:10.5014/ajot.2011.000802
- Da Silva, C. O. (2014) A rua na dimensão da história. *São Paulo*, (III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo).
- Davila Delgado, J. M., Oyedele, L., Demian, P., e Beach, T. (2020) A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101122. doi:10.1016/j.aei.2020.101122
- Deb, S., Carruth, D. W., Sween, R., Strawderman, L., e Garrison, T. M. (2017) Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research. *Applied Ergonomics*, 65, 449–460. doi:10.1016/j.apergo.2017.03.007
- Dixon, L. B. (1996). *Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and 2265 Standards for Congestion Management Systems*. Transportation Research Record n. 1538, p. 1- 9.
- Du, J., Zou, Z., Shi, Y., e Zhao, D. (2018) Zero latency: Real-time synchronization of BIM data in virtual reality for collaborative decision-making. *Automation in Construction*, 85, 51–64. doi:10.1016/j.autcon.2017.10.009
- Ferreira, M.A.G; Sanches, S.P. (2001). *Índice de Qualidade das Calçadas-IQC*. *Revista dos Transportes Públicos*, v.91, n.23, São Paulo, p.47-60.
- Freina, L., e Ott, M. (2015) A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. (p. 133–141). Apresentado em eLSE 2015, Bucharest, RO. doi:10.12753/2066-026X-15-020
- Getuli, V., Capone, P., Bruttini, A., e Isaac, S. (2020) BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. *Automation in Construction*, 114, 103160. doi:10.1016/j.autcon.2020.103160
- Jacobs, J. (2011) *Morte e vida de grandes cidades*. (3. ed.). WMF Martins Fontes, São Paulo.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., e Lilienthal, M. G. (1993) Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220. doi:10.1207/s15327108ijap0303\_3
- Mōri, M., e Tsukaguchi, H. (1987) A new method for evaluation of level of service in pedestrian facilities. *Transportation Research Part A: General*, 21(3), 223–234. doi:10.1016/0191-2607(87)90016-1

- National Research Council (Ed). (1993) *Pedestrian, bicycle, and older driver research*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nodari, C. T., Oliveira, M. C. de, Veronez, M. R., Bordin, F., Gonzaga Jr, L., Larocca, A. P. C., e Framarim, C. (2017) *Avaliação do Realismo e da Sensação de Mal-Estar (Simulator Sickness) no Uso de Simulador Imersivo de Direção*. 31o Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET (p. 3103–3115)
- Owen, N., Humpel, N., Leslie, E., Bauman, A., e Sallis, J. F. (2004) Understanding environmental influences on walking. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(1), 67–76. doi:10.1016/j.amepre.2004.03.006
- Santos, P., Samios, A., e Batista, B. (2021) Ruas Completas no Brasil: Promovendo uma mudança de paradigma. World Resources Institute. doi:10.46830/wriipt.19.00106
- Sarkar, S. (1993) Determination of Service Levels for Pedestrians, with European Examples. *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD*, 35–42.
- Slater, M., Usoh, M., e Steed, A. (1995) Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2(3), 201–219. doi:10.1145/210079.210084
- Thabet, W., Shiratuddin, M. F., e Bowman, D. (2002) Virtual Reality in Construction: A Review. B. H. V. Topping & Z. Bittnar (Eds), *Computational Science, Engineering & Technology Series* (Vol. 8, p. 25–52). Saxe-Coburg Publications, Stirlingshire, UK. doi:10.4203/csets.8.2
- Usoh, M., Arthur, K., Whitton, M. C., Bastos, R., Steed, A., Slater, M., e Brooks, F. P. (1999) Walking > walking-in-place > flying, in virtual environments. *Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques - SIGGRAPH '99* (p. 359–364). Apresentado em the 26th annual conference, ACM Press, Not Known. doi:10.1145/311535.311589
- Woksepp, S., e Olofsson, T. (2008) Credibility and applicability of virtual reality models in design and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 22(4), 520–528. doi:10.1016/j.aei.2008.06.007
- WRI (2017). *8 Princípios da Calçada - Construindo cidades mais ativas*. Porto Alegre. Disponível em: <http://wricidades.org/research/publication/8-principios-da-calcada>
- Ye, Y., Wong, S. C., Li, Y. C., e Lau, Y. K. (2020) Risks to pedestrians in traffic systems with unfamiliar driving rules: a virtual reality approach. *Accident Analysis & Prevention*, 142, 105565. doi:10.1016/j.aap.2020.105565

---

Gabriel Santos Chagas (gabrielsantoschagas@hotmail.com)

Daniel Sergio Presta García (daniel.garcia@ufrgs.br)

Christine Tessele Nodari (piti@producao.ufrgs.br)

Giovana Facchini (giovana.facchini@ufrgs.br)