

AValiação de Realidade Virtual para Treinamento de Profissionais da Construção Civil que Trabalham em Altura

Virtual Reality Assessment for Training Construction Professionals Working at Height

Regina Maria Cunha Leite

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | regina.leite@ifba.edu.br

André Martins Cordeiro

Fundação Oswaldo Cruz-Fiocruz | Rio de Janeiro, Brasil | andre.cordeiro@fiocruz.br

Lucas Gregory G. Almeida

Universidade Federal do Paraná | Curitiba, Brasil | lucas.gregory@ufpr.br

Marcio Catapan

Universidade Federal do Paraná | Curitiba, Brasil | marciocatapan@ufpr.br

Ingrid Winkler

Centro Universitário SENAI CIMATEC | Salvador, Brasil | ingrid.winkler@senaicimatec.edu.br

RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais emprega no país, tem elevado índice de acidentes e óbitos, sendo o trabalho em altura um dos principais responsáveis pela ocorrência. A falta de treinamento e de conscientização dos trabalhadores para que possam reconhecer situações de risco é um dos fatores que aparecem como causadores desta situação. Para obtenção de índices positivos quanto à minimização dos acidentes, deve haver o cumprimento de responsabilidades, por meio das Normas Regulamentadoras NR18 e NR35. Este artigo tem por objetivo avaliar o uso de realidade virtual para treinamento de profissionais da construção civil que trabalham em altura. Para isso, realizaram-se experimentos em laboratório com indivíduos sem experiência no trabalho em altura, usando realidade virtual e sensores de frequência cardíaca. Os resultados mostram que as falas dos participantes evidenciaram presença espacial, realismo vivenciado e envolvimento. A construção civil trabalha de forma tradicional, tendendo a incorporar uma inovação quando possui evidências claras de sucesso. A contribuição desse estudo é, além de avançar na pesquisa de uso prático de realidade virtual para treinamento de profissionais da construção, comprovar a eficácia da RV para o treinamento do público-alvo sem riscos à vida.

Palavras-chave: Realidade virtual; Construção; Trabalho em altura; Treinamento; Segurança no trabalho.

ABSTRACT

The construction industry is one of the sectors that employs the most people in the country, and has a high rate of accidents and deaths, with working at heights being one of the main causes of this. The lack of training and awareness among workers so that they can recognize risk situations is one of the factors that appear to cause this situation. In order to obtain positive rates regarding the minimization of accidents, responsibilities must be met, through Regulatory Standards NR18 and NR35. This article aims to evaluate the use of virtual reality for training construction professionals who work at heights. To this end, laboratory experiments were conducted with individuals without experience in working at heights, using virtual reality and heart rate sensors. The results show that the participants' statements evidenced spatial presence, experienced realism, and involvement. The construction industry works in a traditional way, tending to incorporate an innovation when there is clear evidence of success. The contribution of this study is, in addition to advancing research on the practical use of virtual reality for training construction professionals, to prove the effectiveness of VR for training the target audience without risk to life.

Keywords: Virtual reality; Construction; Working at height; Training; Safety at work.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada complexa, dinâmica e perigosa. Mundialmente, é um dos setores líderes em acidentes de trabalho, acarretando perdas econômicas substanciais, conforme evidenciado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2022). O Brasil está entre os países mais perigosos para trabalhadores e testemunhou mais de 600 mil incidentes somente em 2022, segundo dados do Ministério Público do Trabalho (MPT, 2023). Especificamente, no setor da construção civil, no ano de 2022, foram registrados 20.224 afastamentos previdenciários, que entre os principais agentes causadores destacam-se: queda de altura (36%), impacto contra pessoa/objeto (18,7%), veículo de transporte (13,2%), queda do mesmo nível (8,79%), máquinas e equipamentos (7,69%). Esses dados, porém, subestimam a realidade, pois muitos acidentes não são oficialmente reportados (OSST, 2024).

A negligência e a desatenção no ambiente de trabalho, especialmente em canteiros de obras, são fatores humanos que frequentemente resultam em acidentes — muitos dos quais poderiam ser evitados com a aplicação rigorosa das normas de segurança. Estudos como o de Marques *et al.* (2021) reforçam que a percepção dos trabalhadores sobre os riscos é influenciada por seu nível de instrução e pela eficácia das políticas de prevenção adotadas. Portanto, quando há investimento em treinamentos, uso correto de EPIs, fiscalização e cultura de segurança, os riscos caem drasticamente. E isso não só protege vidas, mas também evita prejuízos operacionais e legais (Pinheiro, 2021).

No Brasil, o trabalho em altura na construção civil tem requisitos explícitos nas Normas Regulamentadoras NR 18 (BRASIL, 2022) e NR35 (BRASIL, 2023). Pode-se considerar que os acidentes de trabalho envolvendo altura são causados por algumas irregularidades dos colaboradores e a falta de monitoramento dos supervisores de obra. Estremote e Oliveira (2024) analisam as medidas de prevenção de acidentes em atividades em altura. Eles observam que ocorrem principalmente por três fatores: treinamento deficitário, que por si impacta na falta de conscientização dos trabalhadores para que possam reconhecer situações de risco, e na incorreta utilização dos equipamentos de proteção. Além disso, há a falta de fiscalização e monitoramento, por parte dos profissionais da área competente, que impacta no grau de risco pré-existente. Por fim, há a negligência, principalmente de guarda e conservação dos equipamentos.

Estes dados reforçam a necessidade de medidas preventivas e treinamentos específicos para proteger os trabalhadores, já que o descumprimento das normas de segurança e as más condições laborais continuam a ser as principais causas desses acidentes. Assim, percebe-se que os acidentes por queda de altura correspondem a 36% do total. Isso demonstra a relevância do estudo da tecnologia de realidade virtual (RV) para treinamento em altura do trabalhador, visando auxiliar a identificação e prevenção de riscos ocupacionais e acidentes de trabalho. Portanto, a aplicação de medidas preventivas e proativas tem potencial para reduzir os acidentes e aumentar a produtividade (Getuli *et al.*, 2021).

A realidade virtual imersiva possibilita uma simulação realista dos canteiros de obras, permitindo estratégias ativas de treinamento (Eiris *et al.*, 2020) que, aplicadas à indústria da construção, podem facilitar o trabalho para estimar o risco e potencialmente evitá-lo. Segundo Jeelani *et al.* (2020), o ambiente imersivo proporciona uma melhoria de 39% no reconhecimento do perigo e de 44% no desempenho da gestão de riscos. Mesmo profissionais da construção experientes e com treinamento prévio nem sempre são proficientes em reconhecer e gerenciar os riscos à segurança (Jeelani *et al.*, 2020). O reconhecimento e o gerenciamento de perigos são habilidades cognitivas que dependem de atenção, exame visual e tomada de decisão.

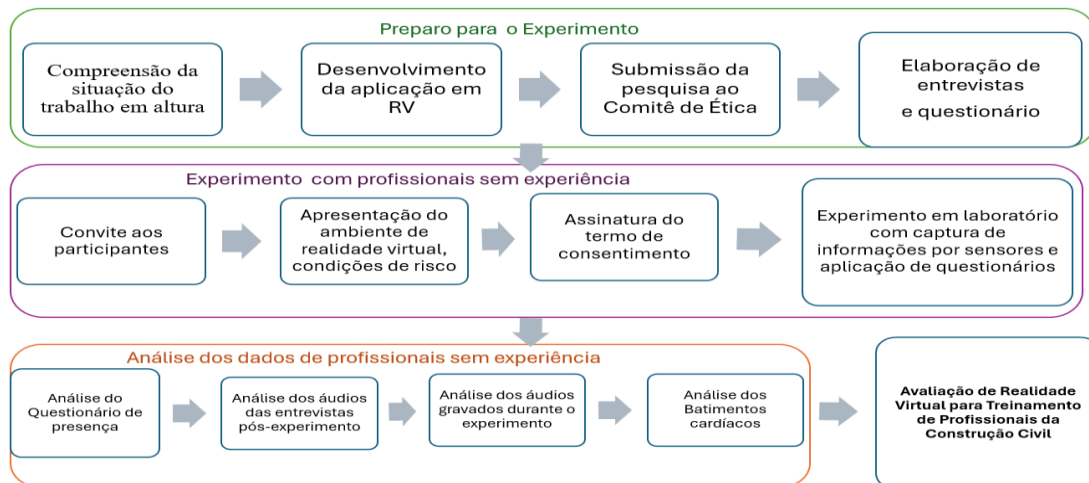
Apesar da ampla literatura sobre os fatores humanos que contribuem para acidentes em canteiros de obra, ainda são escassos os estudos que exploram a eficácia real dos programas de capacitação em Segurança no Trabalho na mudança de comportamento dos trabalhadores a longo prazo. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o uso de realidade virtual para treinamento de profissionais da construção civil que trabalham em altura.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve a metodologia utilizada, a Seção 3 apresenta e analisa os resultados e a Seção 4 fornece as considerações finais e sugestões para futuras pesquisas.

2 MÉTODO

A abordagem metodológica adotada nesta pesquisa é a experimental, a ser realizada em laboratório. A Figura 1 apresenta um fluxo da condução deste processo.

Figura 1: Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Autores.

A compreensão da situação fez-se por meio da revisão da literatura e de conversas com trabalhadores que realizam esta função. Após a compreensão da situação dos treinamentos em segurança, preparou-se detalhadamente o experimento, que consiste em analisar as reações e percepções dos participantes com o uso de óculos de realidade virtual programados para o trabalho em altura na indústria da construção.

Para o desenvolvimento da experiência, foi utilizado Unreal Engine 3, uma plataforma que funciona como um motor gráfico (ou *game engine*), oferecendo uma estrutura completa para criar mundos virtuais com gráficos realistas, simulações físicas, sons, inteligência artificial. A investigação utilizou os óculos Meta Quest 3. Além disso, para a medição do ritmo cardíaco, utilizou-se, no pulso esquerdo do participante, o relógio Samsung Galaxy Watch 7. A pesquisa foi submetida e aprovada sob o número 7.247.106 no comitê de ética por trabalhar com seres humanos, conforme legislação vigente – Resoluções N°466/12 e 510/116, com os Termos de Livre Consentimento assinados pelos participantes.

Elaborou-se um roteiro de introdução para apresentação do experimento, um roteiro de entrevista semiestruturada e um questionário de presença baseado em Silva (2016) para a coleta de dados. A simulação consiste na manutenção da fachada de um edifício a 30 metros de altura (Figura 2). Seguindo o mesmo protocolo empregado na prova de conceito (Cordeiro *et al.*, 2024), foi utilizada uma plataforma do mundo real com as mesmas dimensões que a plataforma virtual (Figura 3). Para evitar movimentos inseguros dos participantes, esta plataforma foi estabilizada e foram adicionados marcadores para garantir que os participantes pudessem se mover exatamente como no ambiente virtual.

Figura 2: Cenários da Simulação



(a) Plataforma no solo.



(b) Plataforma a 30 metros de altura.

Foram inseridos na experiência efeitos climáticos como mudanças meteorológicas progressivas (de céu limpo a chuva e trovoadas) acompanhadas por sinais sonoros realistas, como sons de trovoadas e chuva, e ajustes visuais na iluminação e no ambiente. Outros ruídos, como os do funcionamento do equipamento, ambiente da cidade e eventos meteorológicos, foram inseridos na experiência.

Figura 3: Participante realizando o experimento.



Na simulação, alguns elementos de gamificação aparecem durante a tomada de decisões de segurança sob pressão de tempo e em condições climáticas variáveis. Um exemplo disto é o fato de poderem decidir parar de trabalhar e baixar a plataforma se o clima se tornar desfavorável, gerando diferentes resultados simulados.

Para sua realização, convidaram-se profissionais sem experiência no trabalho em altura para posteriormente avaliar a eficiência do treinamento para trabalho em altura baseado na NR-35. O público-alvo da amostra referente a este artigo são estudantes concluintes do curso técnico em edificações, na faixa etária de 18 a 25 anos, e professores de construção civil com idade média de 57 anos. Portanto, são profissionais sem experiência, porém com conhecimento das exigências impostas pela norma reguladora.

Catorze participantes aceitaram o convite para fazer a simulação de RV (referenciados neste trabalho como participantes P1 a P14). Dos catorze participantes, dez eram estudantes e quatro eram professores. A sessão começou com uma abordagem narrativa, destacando o trabalho simulado, as restrições de tempo e a importância da tarefa. Foram mostradas aos participantes imagens do local de trabalho, da plataforma e do edifício para definir o contexto. Em seguida, receberam uma visão geral do sistema de RV, das tarefas simuladas e das informações essenciais de segurança. Foram fornecidas instruções sobre as ações básicas necessárias durante a simulação, juntamente com detalhes sobre o processo de coleta de dados.

Os participantes colocaram os óculos Meta Quest 3 e posicionaram-se na plataforma física que correspondia ao andaime virtual, foram orientados para interagir com objetos e controles virtuais, para mover-se em RV e manipular ferramentas. Para realizar as tarefas, os participantes percorreram os passos sugeridos no ambiente de RV. Utilizando os controles da plataforma, subiram até a altura adequada, vestiram os EPIs e limparam, lixaram e pintaram a fachada do edifício.

As condições climáticas pioraram ao longo da tarefa para testar a tomada de decisão dos participantes. Podiam continuar a trabalhar em condições adversas ou interromper a tarefa para baixar a plataforma. A simulação terminou com base nas suas decisões, seja após a conclusão da tarefa, ou após um acidente simulado na sequência de decisões incorretas.

Após a conclusão da simulação, os participantes retiraram os óculos de RV e foram questionados sobre eventuais tonturas ou desconforto. A coleta de dados foi realizada usando a gravação de áudio, neste momento recolheu-se o relógio para captura de frequência cardíaca e solicitou-se do participante o preenchimento do questionário de presença disponível em um formulário online. Este processo teve como objetivo avaliar o seu sentido de presença, envolvimento, percepção de segurança e o realismo geral da experiência virtual.

As fontes de evidência foram as observações dos pesquisadores, dados coletados de frequência cardíaca, gravações de áudios dos participantes e questionário semiestruturado aplicado após o experimento para

conhecer a percepção dos participantes e o questionário de presença (Silva, 2016). Após a etapa experimental, analisaram-se as informações coletadas.

O questionário semi-estruturado foi elaborado com apenas 5 questões, a saber: 1) De maneira geral, como você descreve a sua experiência na simulação imersiva de atividade industrial que utilizou na etapa anterior desta pesquisa? 2) Quais foram os pontos positivos da simulação imersiva de atividade industrial que você experimentou? 3) Quais foram as suas principais dificuldades ao usar a simulação imersiva de atividade industrial? 4) Quais são suas sugestões para aprimorar a simulação imersiva de atividade industrial? 5) Quais outros tópicos você considera importantes e que não foram abordados nesta entrevista?

O questionário de presença gera valores na escala Likert cujo intervalo varia entre -3 (horripelmente ruim) e +3 (extremamente bom). Valores entre -0,8 e 0,8 representam uma avaliação mais ou menos neutra da escala correspondente, valores > 0,8 representam uma avaliação positiva e valores < -0,8 representam uma avaliação negativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos próximos parágrafos, são descritos e analisados os resultados do experimento com profissionais sem experiência em altura.

3.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE PRESENÇA

A avaliação considerou quatro conceitos, baseados em Silva (2016): Adaptação/Imersão, Envolvimento, Qualidade da interface e Fidelidade Sensorial. A Tabela 1 relaciona os resultados quantitativos obtidos na aplicação do questionário de presença.

Tabela 1: Resultados do questionário de presença por participante.

Escala das médias por pessoas				
Participantes	Adaptação /Imersão	Envolvimento	Qualidade da interface	Fidelidade sensorial
P1	1,82	2,57	-1,50	1,78
P2	1,82	1,86	-0,50	1,22
P3	2,09	1,86	-1,00	0,89
P4	0,55	1,00	0,75	0,44
P5	1,00	2,43	-2,00	1,89
P6	2,64	2,86	-0,50	2,78
P7	2,00	1,43	-0,50	0,00
P8	2,09	2,14	-0,25	1,44
P9	2,36	2,14	0,00	1,89
P10	2,64	3,00	-0,25	2,89
P11	0,73	2,14	-1,00	1,33
P12	0,91	2,86	1,25	2,00
P13	1,18	1,57	-1,25	1,56
P14	2,27	3,00	-1,50	2,00
Média	1,721	2,204	-0,589	1,579
Variância	0,51	0,39	0,78	0,63

3.1.1 ADAPTAÇÃO/IMERSÃO

A Adaptação/Imersão evidencia a naturalidade com que os participantes se sentem integrados no ambiente virtual, considerando fatores como a facilidade de adaptação e o realismo dos elementos ambientais (Silva, 2016).

Os usuários sentiram-se imersos no ambiente virtual, mas com algumas diferenças de percepção entre os respondentes. A variabilidade moderada indica que nem todos tiveram a mesma experiência de imersão. Durante o experimento e na entrevista, algumas falas indicam que houve imersão, como:

“Nossa! É alto.” (P11)

“Tá subindo. Que doido. Tá, iniciar elevação do equipamento de mangueira e de jateamento. Aqui. Ah!” (P10)

“Eu não vou nem olhar lá pra baixo. Tá. Ah, tá. Agora entendi.” (P10)

“Eita! O que é aconteceu? Eu morri?” (P5)

“Eu achei realmente muito imersiva mesmo. Eu me senti como se estivesse em um prédio alto. Mesmo que eu estivesse aqui no chão, eu fiquei com um pouco de receio, achando que ia cair.” (P2)

3.1.2 ENVOLVIMENTO

A variável Envolvimento evidencia o envolvimento cognitivo e emocional dos participantes, centrando-se na sua atenção às tarefas e nas suas reações emocionais à simulação (Silva, 2016).

O valor médio sugere um alto nível de participação dos usuários na experiência. Como a variância é baixa, significa que a maioria dos respondentes teve percepções similares sobre o envolvimento. Comparando com algumas falas nas entrevistas, ao perguntar como foi a experiência, alguns responderam:

“[...] pude ter a sensação de como é trabalhar nessas condições. ...” (P3)

“[...] senti a altura e eu fiquei com um pouquinho de medo.” (P1)

“Por mais que seja uma simulação, me senti lá, senti fazendo atividades, esforço físico tudo, então eu achei bem realista diante do possível”. (P1)

Diante do exposto, as percepções indicam que os participantes ficaram envolvidos com o contexto.

3.1.3 QUALIDADE DA INTERFACE

A variável Qualidade da interface diz respeito à facilidade de utilização e à capacidade de resposta das ferramentas e dos controles no ambiente virtual (Silva, 2016).

O valor negativo na média indica que os usuários tiveram dificuldades com a interface, possivelmente devido a problemas de usabilidade ou baixa responsividade. A alta variância sugere que alguns usuários tiveram experiências discrepantes. Estes valores não chegam a comprometer a interface, pois estão situados entre -0,8 e 0,8, que é a zona neutra.

Na entrevista final e durante o experimento, algumas críticas à qualidade da interface, como se pode perceber nas falas, quando os participantes foram perguntados sobre as dificuldades na experiência:

“ [...] foi habituar-se com ... a forma de pegar as coisas do começo” (P6)

“a dificuldade que eu tive foi mesmo pra pegar o material, que eu não sabia como era.” (P 8)

“ Eu observei dificuldade em algumas mecânicas, por exemplo, a da pintura, que eu acho que é mais coisa de detalhe mesmo, para você conseguir aprimorar a experiência [...]” (P3)

“Essa parte da pintura está chata, essa parte aqui está muito demorada, dá uma ajeitadinha nisso aqui. Aqui a barra vermelha agora está em 75% por aí, está lento.” (P4)

3.1.4 FIDELIDADE SENSORIAL

A variável Fidelidade Sensorial capta a exatidão e o realismo dos estímulos sensoriais, incluindo o feedback visual, auditivo e tátil (Silva, 2016).

A fidelidade sensorial foi considerada moderadamente aceitável, com variação significativa entre os usuários. Isso sugere que alguns perceberam um alto realismo nos estímulos visuais e sonoros, enquanto outros não tiveram essa mesma percepção. Pelas falas e reações durante o experimento, alguns perceberam as mudanças climáticas e a chegada das chuvas e trovões, e outros não.

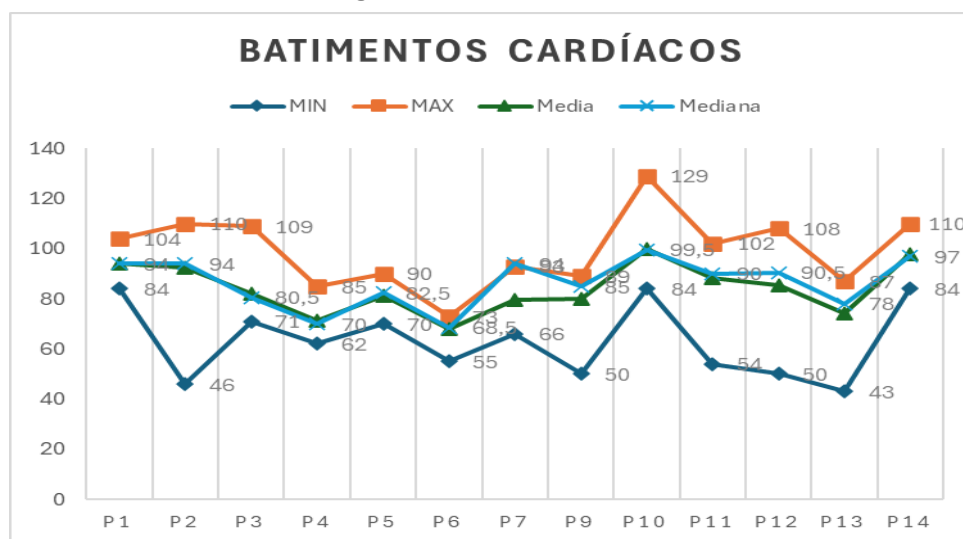
“Puxa, vai chover. Não é possível. Vêi, o clima aqui tá parecendo que vai cair um toró.” (P10)

” [...] Porque no começo estava só nublado e depois que veio a chuva do nada.” (P11)

3.2 ANÁLISE DOS BATIMENTOS CARDÍACOS.

Para analisar os dados coletados dos batimentos cardíacos, construiu-se o gráfico apresentado na Figura 4.

Figura 4: Batimentos Cardíacos.



Pela análise apenas da frequência cardíaca dos participantes, os dados indicam que os experimentos em VR realizados não induziram estresse ou desconforto significativo nos participantes. Isso ocorre uma vez que a frequência cardíaca média dos participantes está dentro dos padrões esperados para medições em repouso. Segundo Saurin *et al.* (2007), a média de batimentos cardíacos no trabalho leve em altura para pessoas de 25 anos é de 124 bpm e para pessoas de 53 anos é de 124 bpm. Mesmo considerando os máximos (129 bpm) e mínimos (43 bpm) observados, não há indícios de que os participantes tenham sido submetidos a nenhum tipo de situação adversa ou até mesmo desconfortável. Observa-se que, durante o experimento, os dados do participante P8 se perderam devido ao relógio ter descarregado. Estes dados foram desprezados sem prejuízo para a análise de resultados.

Nunes *et al.* (2007) discutem a variabilidade da frequência cardíaca como uma ferramenta para avaliar a modulação autonômica do coração. Segundo os autores, o sistema nervoso autônomo, por meio das vias simpáticas e parassimpáticas, regula a frequência cardíaca em resposta a estímulos internos e externos, sendo a ativação simpática associada ao aumento da frequência cardíaca em situações de excitação emocional. Assim, interpretando os valores apresentados na Figura 4, pode-se afirmar que:

- 1) Participantes com maior média de batimentos cardíacos: P10 (99,7 bpm), P14 (97,76 bpm) e P1 (94,17 bpm) apresentaram os maiores valores médios, sugerindo nível elevado de excitação fisiológica, possivelmente associado a alta imersão emocional.

As falas de P1 durante a entrevista mostram essa imersão: “Então, por mais que seja uma simulação, me senti lá, senti fazendo atividades, esforço físico tudo, então eu achei bem realista [...]”

- 2) Participantes com menor média: P6 (68 bpm) e P4 (71,36 bpm) indicam nível mais baixo de ativação, o que pode refletir maior controle emocional, menor envolvimento ou até relaxamento durante a experiência.

O participante P4 assumiu uma postura analítica sobre a performance da simulação o tempo todo, como pode ser observado na fala: “Essa parte da pintura está chata essa parte aqui está muito demorada, dá uma ajeitadinha nisso aqui. Aqui a barra vermelha agora está em 75% por aí, está lento.”

- 3) Amplitude entre mínimo e máximo: P2 (46–110 bpm) e P10 (84–129 bpm) mostram grande variação, o que pode indicar momentos de reações intensas a estímulos específicos da realidade virtual.

O participante P10 estava comentando todas as suas impressões, o que nem sempre acontece no experimento, alguns participantes preferem apenas observar. Várias falas de P10 aparecem neste texto, como: [...] “É mentira isso. Está chovendo.... Não acredito, cara. Como é... Gente, eu morri... mentira, to brincando. Acidente grave simulado. Como assim, gente?”

- 4) Mediana próxima da média: Em participantes como P5, P6 e P13, a mediana está muito próxima da média, sugerindo respostas fisiológicas mais estáveis.

Segundo estudos como o de França (2019) sobre biofeedback e regulação emocional em realidade virtual, a elevação da frequência cardíaca durante experiências imersivas pode refletir tanto estresse quanto excitação positiva, dependendo do contexto e da percepção do usuário. Já Pinto (2017) destaca que a presença e o envolvimento emocional em ambientes virtuais tendem a aumentar a resposta fisiológica, especialmente em cenários desafiadores ou realistas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na avaliação deste experimento, chegou-se à conclusão de que os participantes se sentiram envolvidos na experiência, mas tiveram dificuldades com a interface. A fidelidade sensorial foi avaliada positivamente, mas com diferenças significativas nas percepções. Melhorias na interface do ambiente virtual podem ajudar a aumentar a imersão e garantir uma experiência mais uniforme. Embora algumas limitações tenham sido identificadas, principalmente em relação às interações da interface, estas não comprometeram a experiência geral. De fato, o feedback dos participantes destaca oportunidades para um maior refinamento da mecânica da simulação, a fim de aprimorar a usabilidade e a fidelidade sensorial.

Em relação aos batimentos cardíacos, os participantes como P10, P14 e P1 podem ter experimentado níveis mais altos de excitação emocional, enquanto P6 e P4 demonstraram respostas mais controladas ou neutras. O fato de os batimentos cardíacos não terem revelado estresse nos participantes demonstra que o experimento foi conduzido dentro dos padrões de normalidade, com leves variações.

A análise das falas durante o experimento mostra que as falas dos participantes evidenciaram presença espacial, realismo vivenciado e envolvimento. Esta análise contribui para o aprimoramento do ambiente imersivo a fim de que se chegue a um produto satisfatório nos próximos experimentos desta pesquisa. A contribuição deste estudo é comprovar a eficácia da RV no treinamento do público-alvo sem risco à vida.

Como limitação, a experiência contou com apenas 14 participantes. Em pesquisas futuras, espera-se realizar novos experimentos com uma gama maior e mais diversa de participantes. A próxima etapa desta pesquisa prevê o experimento com profissionais com experiência em trabalho em altura.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade SENAI CIMATEC, ao Advanced Knowledge Center in Immersive Technologies (AKCIT), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), IW é bolsista de produtividade DT-1D (308783/2020-4).

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção*. Atualizada: dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-18-nr-18>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 35 – Trabalho em Altura*. Atualizada: dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-35-nr-35>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- CORDEIRO, A. M. et al. Immersive evaluation of industrial trainings: an interdisciplinary approach on key questions. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 11, p. 416–423, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/siintec2024-389415>.
- DE OLIVEIRA, L. A.; VASCONCELOS, B. M. Realidade virtual aplicada na capacitação profissional da construção civil. *ETD: Educação Temática Digital*, n. 26, p. 24, 2024. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9423872>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- EIRIS, R.; GHEISARI, M.; ESMAEILI, B. Desktop-based safety training using 360-degree panorama and static virtual reality techniques: a comparative experimental study. *Automation in Construction*, v. 109, p. 102969, 2020. Acesso em: 5 jun. 2024.
- ESTREMOTE, I. P.; DE OLIVEIRA, M. L. Medidas de prevenção de acidentes no trabalho em altura na construção civil: uma análise da literatura. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/jspui/retrieve/f3f574d1-bc5c-4ddf-a4f4-c75eb8ba46cf/11132.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- FRANÇA, A. C. P. de. *Biofeedback e regulação emocional: um estudo sobre a emoção aplicada a sistema de treinamento em Realidade Virtual*. 2019. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://www.repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38033>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- GETULI, V.; CAPONE, P.; BRUTTINI, A. Planning, management and administration of HS contents with BIM and VR in construction: an implementation protocol. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 28, n. 2, p. 603–623, 2021. DOI: <10.1108/ECAM-11-2019-0647>.
- JEELANI, I.; HAN, K.; ALBERT, A. Development of virtual reality and stereo panoramic environments for construction safety training. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 27, n. 8, p. 1853–1876, 2020. DOI: <10.53660/CONJ-1455-2A12>.
- MARQUES, G. R. da S.; SILVA, N. de P. Segurança do trabalho na construção civil: estudo de caso no Estado de Goiás. 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2489>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO (MPT). *Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho: dados de acidentes de trabalho no Brasil em 2022*. Brasília: MPT, 2023. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/399872/acidentes-de-trabalho-na-construcao-civil>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- NUNES, M. O. et al. Variabilidade da frequência cardíaca e sistema nervoso autônomo. In: *Congresso de Iniciação Científica da UNIVAP – INIC*, 2007. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2007/trabalhos/saude/epg/EPG00429_01C.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). *Série SmartLab de Trabalho Decente 2022: acidentes de trabalho e mortes acidentárias voltam a crescer em 2021*. Brasília: OIT, 2022. Disponível em: <https://www.ilo.org/pt-pt/resource/news/serie-smartlab-de-trabalho-decente-2022-acidentes-de-trabalho-e-mortes>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- OBSERVATÓRIO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO – OSST. Disponível em: <https://smartlabbr.org/>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- PINHEIRO, A. C. *Segurança no trabalho: fatores humanos e prevenção de acidentes*. São Paulo: Editora Técnica, 2021.
- PINTO, G. S. da. A percepção do outro no ambiente virtual de aprendizagem: presença social e suas implicações para Educação a Distância. *Revista Brasileira de Educação*, v. 22, n. 70, p. 1–24, jul./set. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/RhRHYDDC9ntxQ4mWdPqWcYQ/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- SAURIN, T. A. et al. Diagnóstico ergonômico da movimentação de andaimes suspensos mecânicos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 123–138, out./dez. 2007. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3608/1989>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- SILVA, G. R. et al. A questionnaire for measuring presence in virtual environments: factor analysis of the presence questionnaire and adaptation into Brazilian Portuguese. *Virtual Reality*, v. 20, p. 237–242, 2016. DOI: <10.1007/s10055-016-0295-7>.