XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Ambientes biofílicos em realidade virtual: uma revisão sistemática de literatura sobre indicadores fisiológicos e psicológicos

Entornos biofílicos en realidad virtual: una revisión sistemática de la literatura sobre indicadores fisiológicos y psicológicos.

Biophilic environments in virtual reality: a systematic literature review on physiological and psychological indicators.

Conforto Ergonômico e Qualidade Ambiental / *Conforto Ergonómico y Calidad Ambiental / Ergonomic Comfort and Environmental Quality*

Pinheiro, Ana Claudia Ribeiro
Mestranda, UVV, Vila Velha/ES, Brasil, anaclaudiarpinheiro@gmail.com

Pagel, Erica Coelho
Doutora, UVV, Vila Velha/ES, Brasil, erica.pagel@uvv.br

Resumo

O contato visual com elementos naturais tem impacto positivo na restauração da saúde mental e bem-estar humano. Entretanto, com o crescimento urbano, as áreas verdes foram sendo suprimidas, perdendo espaço para o concreto e contribuindo para desconexão do ser humano com a natureza. Este estudo analisa os efeitos da exposição a ambientes biofílicos em realidade virtual (RV) nos indicadores fisiológicos e psicológicos humanos por meio de uma revisão de literatura. Os resultados mostraram que a imersão em ambientes biofílicos virtuais contribuiu na redução da pressão arterial, frequência cardíaca e cortisol, além de aumentar a variabilidade da frequência cardíaca e promover maior sensação de relaxamento em comparação a sujeitos expostos a cenas sem a presença de elementos biofílicos. Conclui-se que a biofilia em RV é um importante instrumento de restauração da saúde em diversos tipos de ambientes, principalmente aqueles em que a presença da natureza é restrita ou controlada.

Palavras-chave: Biofilia. Realidade virtual. Bem-estar. Indicadores fisiológicos.

Resumen

El contacto visual con elementos naturales impacta positivamente la salud mental y el bienestar. Sin embargo, el crecimiento urbano ha reducido las áreas verdes, aumentando la desconexión con la naturaleza. Este estudio revisa los efectos de la exposición a entornos biofílicos en realidad virtual (RV) sobre indicadores fisiológicos y psicológicos. Los resultados mostraron que la inmersión en RV biofílica redujo la presión arterial, la frecuencia cardíaca y el cortisol, además de aumentar la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la relajación. La biofilia en RV es una herramienta clave para la restauración de la salud, especialmente donde la naturaleza es limitada.

Palabras clave: Biofilia. Realidad virtual. Bienestar. Indicadores fisiológicos.

Abstract

Visual contact with natural elements positively impacts mental health restoration and well-being. However, urban growth has reduced green areas, increasing human disconnection from nature. This study reviews the effects of exposure to biophilic virtual reality (VR) environments on physiological and psychological indicators. Results showed that VR biophilic immersion reduced blood pressure, heart rate, and cortisol while increasing heart rate variability and relaxation. Biophilia in VR is a valuable tool for health restoration, especially where nature is limited.

Keywords: Biophilia. Virtual reality. Well-being. Physiological indicators.

Introdução

O crescimento das cidades e a industrialização fizeram com que os espaços verdes perdessem aos poucos o lugar para o cinza dos edifícios e pavimentações. Essa redução da natureza pode causar consequências graves para o bem-estar, já que é notório saber que a vegetação urbana exerce grande influência tanto no conforto ambiental quanto na saúde da população (Du et al., 2021). Ulrich (1986), discute a Teoria da Restauração da Natureza, sugerindo que o contato visual com elementos naturais pode ajudar a promover a redução da ansiedade e do estresse. Este contato pode ser realizado presencialmente, mas também por meio de representações visuais de elementos naturais, como fotografias. Outra forma de promover a ação restauradora da natureza é através da realidade virtual (RV), que além de poder ser realizada em local seguro e controlado, possibilita levar a biofilia para locais antes desprovidos dela. Surge, então, a necessidade de entender melhor os efeitos, psicológicos, mentais e físicos no ser humano desta forma de exposição da biofilia.

O termo biofilia pode ser definido como uma intensa conexão com tudo que é oriundo da natureza (Fromm, 1964), e desta ligação são gerados benefícios para a saúde física e mental das pessoas (Wilson, 1988). Os seres humanos possuem uma predisposição a obter benefícios do contato com ambientes naturais, e para Ulrich (1993), uma forma eficaz de avaliar os efeitos positivos da biofilia é comparando com os efeitos causados por ambientes amplamente urbanizados. Ainda segundo o autor, a exposição à natureza promove bem-estar psicológico e físico, reduzindo a ansiedade, a pressão arterial e os níveis de estresse.

A avaliação dos efeitos da exposição à natureza no bem-estar deve ser feita de forma multidisciplinar, visto que é uma questão complexa e, muitas vezes, afetiva e subjetiva (Wilson, 1984). Existem dois instrumentos, oriundos da psicologia, amplamente utilizadas para mensurar os efeitos da vegetação no bem-estar: o Inventário de Ansiedade Traço-Estado (STAI) e a Escala de Afetos Positivos e Negativos (PANAS). O STAI, elaborado por Spielberger et al. (1970), é um instrumento de autorrelato que avalia tanto o estado quanto o traço de ansiedade. Por sua vez, o PANAS, proposto por Watson et al. (1988), mede os afetos positivos e negativos, permitindo a análise do estado emocional dos indivíduos. Ambos são comumente utilizados em pesquisas com biofilia aliados a medições fisiológicas, como frequência cardíaca e nível de condutividade da pele,

além da eletroencefalografia (EEG), de forma a obter resultados mais completos, abordando variáveis subjetivas, quantitativas e qualitativas.

O objetivo deste artigo é, portanto, analisar por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) de que maneira a imersão em ambientes biofílicos virtuais pode contribuir para a melhoria do bem-estar humano, identificando os impactos dessa exposição nos indicadores fisiológicos e psicológicos.

Metodologia

Nesta RSL foram analisados na íntegra 29 artigos científicos de 273 artigos no total, retirados de três bases, sendo: 35 da Web of Science, 39 da Scopus e 199 da ScienceDirect. O levantamento foi feito em dezembro de 2024, e não foi utilizado nenhum filtro de data. Antes de serem selecionadas, as palavras-chave utilizadas foram testadas para garantir o maior número de artigos possíveis, as escolhidas estão listadas na Figura 1. A seleção das palavras-chave para esta revisão foi baseada na análise de termos recorrentes em artigos previamente identificados como relevantes para o tema, garantindo a abrangência e a precisão na busca por estudos alinhados aos objetivos da pesquisa.

Figura 1: Desenho da pesquisa.

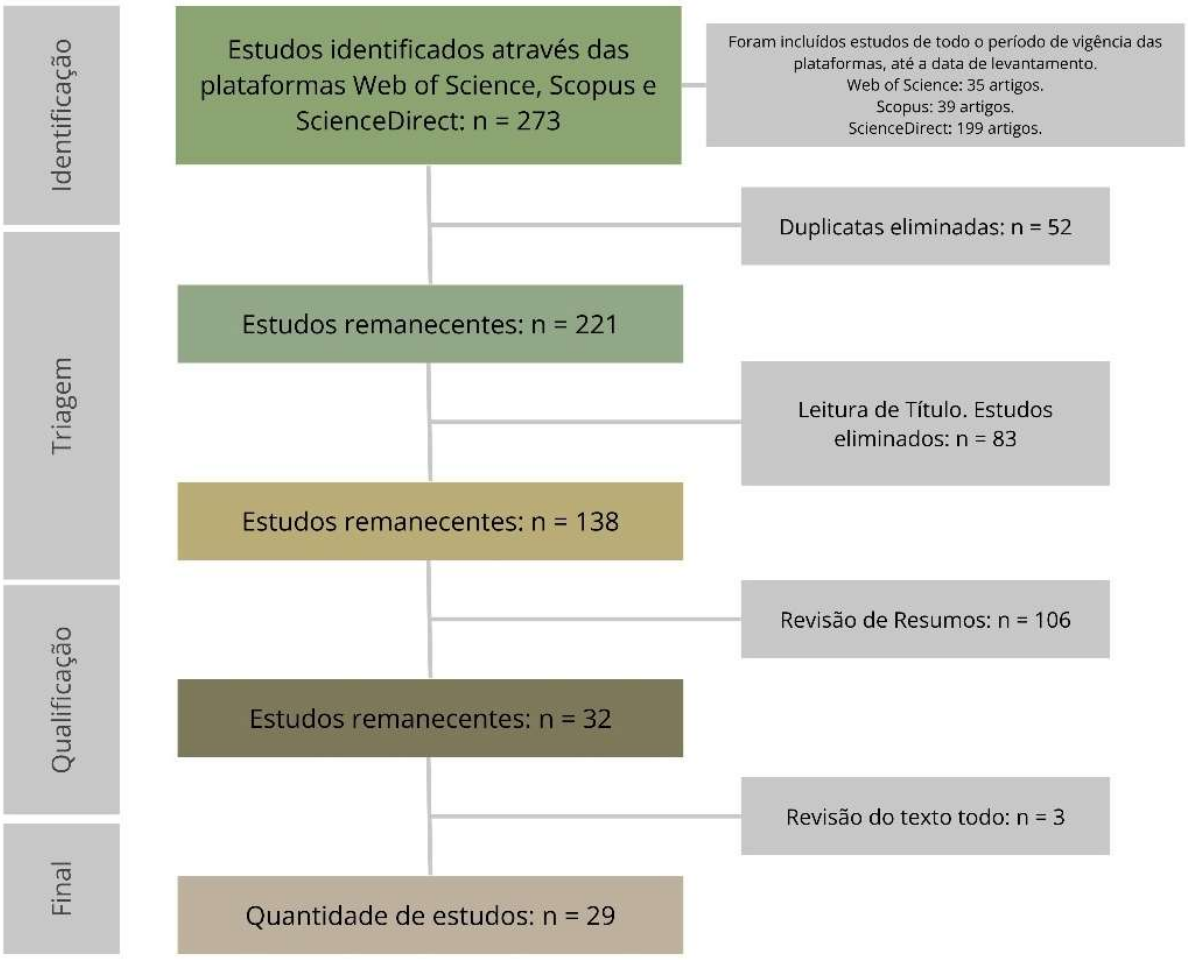
Palavras-chave	("biophilia" OR "biophilic design" OR "nature-based design") AND ("virtual reality" OR "VR" OR "virtual environments") AND ("well-being" OR "wellness" OR "health")
Bases de dados	ScienceDirect, Scopus e Web of Science
Questão de Pesquisa	Qual é a eficácia da imersão em realidade virtual com imagens biofílicas na melhoria do bem-estar?

Fonte: Os autores (2025).

O primeiro filtro que foi feito nos artigos foi a retirada das duplicatas (Figura 2), que totalizavam 52 artigos, remanescendo 221 estudos. Após as duplicatas foi a vez da eliminação com base nos títulos, onde foram retirados 83 estudos. Os critérios de exclusão pelos títulos foram: relevância da temática insuficiente, ausência de foco na vegetação, enfoque no consumismo e

merchandising, inadequação das palavras-chave. Com 138 artigos, os resumos de cada pesquisa foram analisados e, foi feita a segunda etapa de exclusão onde permaneceram 32 artigos para, então, serem lidos e analisados na íntegra.

Figura 2: Processo de seleção dos estudos.



Fonte: Os autores (2025).

Para a eliminação de artigos com base nos resumos foram excluídos os artigos que não utilizavam de alguma forma a imersão em realidade virtual, artigos que não utilizaram vegetação como um dos elementos biofílicos, artigos que utilizavam a biofilia com a finalidade de melhoria do bem-

estar. Por fim, após a leitura dos artigos completos, um foi eliminado por não tratar de realidade virtual, um não utilizou a vegetação como um agente biofílico, e o último utilizou animações de animais na realidade virtual. Ao final, para este estudo, foram selecionados 29 artigos.

Resultados e Discussão

A primeira questão levantada com esta revisão, que reforça uma ideia elucidada por Jabbar et al. (2021), é que a grande maioria das pesquisas que analisam o impacto da biofilia no bem-estar das pessoas, tanto no âmbito da arquitetura de interiores, quanto do urbanismo, são realizados em países desenvolvidos, ou em países em desenvolvimento bem classificados. Esta pesquisa corrobora com essa afirmativa (Figura 3), tendo em vista que a grande parte dos trabalhos aqui discutidos foram realizados em países com estas condições econômicas.

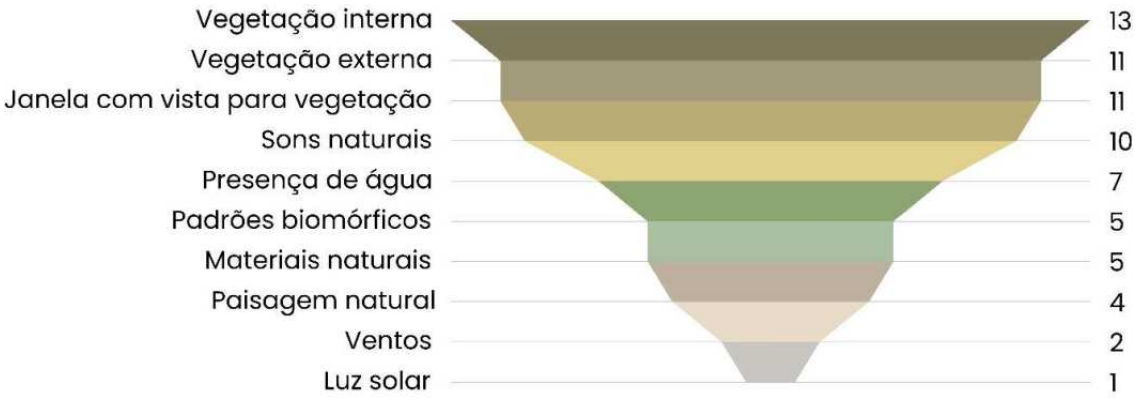
Figura 3: Países onde os artigos selecionados foram feitos.

ESTADOS UNIDOS	10
CHINA	8
SINGAPURA	3
AUSTRÁLIA	2
COREIA DO SUL	2
EGITO	1
FINLÂNDIA	1
IRAQUE	1
ITÁLIA	1

Fonte: Os autores (2025).

Dentre os artigos avaliados, foram utilizados diversos tipos de elementos biofílicos (Figura 4). Os mais recorrentes foram: vegetação interna, vegetação externa, janelas com vista para vegetação, sons naturais e presença de água. Foram utilizados, também, padrões biomórficos (estampas e formatos de elementos naturais), materiais naturais (principalmente madeira), paisagens, ventos e luz solar.

Figura 4: Frequência de elementos biofílicos utilizados nos artigos.



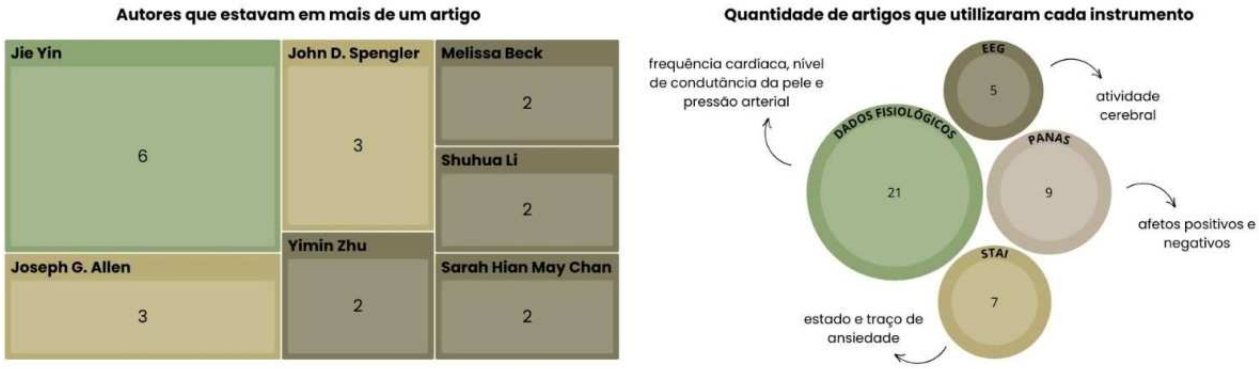
Fonte: Os autores (2025).

Durante a revisão, observou-se que, além da recorrência em países desenvolvidos, alguns autores também apareciam repetidamente. Considerando a importância de identificar os principais pesquisadores que estão produzindo sobre esse tema, foi realizada uma análise para verificar quais autores estavam presentes em mais de um dos 29 artigos selecionados, bem como a frequência de suas publicações (Figura 5).

O autor que mais se repetiu nessa revisão foi Jie Yin (Yin et al., 2018; Yin et al., 2019; Yin et al., 2020; Sun et al., 2023; You et al., 2023; Chen et al., 2024), pesquisador na Tongji University em Shanghai, que possui foco em ambientes construídos saudáveis, design biofílico e design baseado em evidências. Nas pesquisas que este autor participou, as amostras variaram e os elementos biofílicos utilizados também, mas o que se repetiu em todos os trabalhos analisados foi a utilização de dados fisiológicos, tais como, frequência cardíaca, nível de condutância da pele e pressão arterial como indicadores de desempenho. Nos quatro primeiros artigos com a participação desse autor, as variáveis fisiológicas indicaram valores menores nos ambientes biofílicos, indicando melhoria no bem-estar, entretanto, em You et al. (2023) e Chen et al. (2024), não houve mudanças significativas nestas variáveis. É importante colocar que, nas autoavaliações e testes subjetivos utilizados, foram obtidos resultados positivos após a visualização das cenas

biofílicas, quando comparados aos resultados das cenas não biofílicas. Em Yin et al. (2020), os participantes relataram através do STAI diminuição dos níveis de ansiedade nos ambientes biofílicos, comparados ao ambiente não biofílico.

Figura 5: Infográficos da revisão.



Fonte: Os autores (2025).

Dos 29 artigos analisados, 21 utilizaram algum tipo de fator fisiológico para comprovação da restauração do bem-estar (Figura 5). Tais fatores fisiológicos foram: pressão arterial; frequência cardíaca; variabilidade da frequência cardíaca; nível de condutância da pele; alfa-amilase salivar e cortisol. Quando comparadas às cenas não biofílicas, as cenas biofílicas provocaram a diminuição da pressão arterial (Yin et al., 2020) e, consequentemente, menor ação do sistema nervoso simpático (luta ou fuga), além de diminuir também a frequência cardíaca e gerar sensação de relaxamento. As imagens naturais levam ao aumento da variabilidade da frequência cardíaca, indicando maior atividade parassimpática (relaxamento), que proporciona melhor controle emocional (Kumpulainen et al., 2024), e, ainda, reduzem os níveis de cortisol, alfa-amilase salivar e de condutância da pele (Sun et al., 2023), que são parâmetros relacionados ao estado de agitação, ansiedade e estresse.

Cinco artigos solicitaram a seus participantes que utilizassem um aparelho de EEG para analisar o comportamento das ondas cerebrais durante a visualização das cenas, principalmente as bandas de alta frequência (estresse e ansiedade) beta e gama, e as de baixa frequência (relaxamento e sonolência) alfa, delta e teta. Nos trabalhos analisados os elementos biofílicos reduziram

consideravelmente a potência das bandas de alta frequência, e aumentam as de baixa frequência (Jung et al., 2023). Os resultados do EEG obtidos por Yeom et al. (2021) indicaram que a presença de uma parede verde foi capaz de gerar a sensação de relaxamento nos participantes, evidenciada pelo aumento do poder relativo alfa nas regiões parietal e occipital do cérebro. Além disso, a exposição virtual a parede verde ajudou a reduzir o estresse e a fadiga mental, demonstrando um efeito positivo tanto no bem-estar fisiológico quanto psicológico.

You et al. (2023), em uma pesquisa utilizando imersão em realidade virtual de uma sala de aula com e sem a presença de elementos biofílicos, não obteve resultados significativos nos fatores fisiológicos, porém, a autoavaliação de estresse revelou que os respondentes relataram sensações positivas durante a exposição des cenas biofílicas quando comparada às respostas dos expostos a cenas não biofílicas. Isto reforça que os estudos acerca da biofílica devem possuir avaliações multicritérios, com coletas de dados tanto quantitativos quanto qualitativos. Nove artigos utilizaram o PANAS e sete utilizaram o STAI para avaliação psicológica. As análises com o PANAS revelaram aumento dos afetos positivos em ambientes com elementos naturais e diminuição dos afetos negativos (Huang et al., 2020; Emamjomeh et al., 2020; Chan et al., 2021; Masters et al., 2022; Jung et al., 2023; Sun et al., 2023; Sharam et al., 2023; Meng et al., 2024; Xu et al., 2024). Para o STAI, os resultados foram também mais positivos para os expostos a ambientes virtuais biofílicos do que os expostos a ambientes sem a presença de elementos biofílicos. Onde houve redução da ansiedade de acordo com as respostas dos participantes (Yin et al., 2020; Chan et al., 2021; Yeom et al., 2021; Firth e Jayadas, 2022; Jung et al., 2023; Chen et al., 2024; Baktash et al., 2024).

Considerações finais

O contato com a natureza em realidade virtual traz benefícios físicos, mentais e psicológicos para as pessoas, atuando na melhoria do bem-estar e, até mesmo, influenciando na conectividade humano/natureza, e em atitudes pró-ambientais. Esta revisão possibilitou verificar que a biofilia, mesmo que através de imersão em realidade virtual, reduz os efeitos fisiológicos negativos do estresse, aumenta os afetos positivos e a sensação de relaxamento, diminuindo afetos negativos e a ansiedade.

A análise dos trabalhos selecionados mostrou que a vegetação, os sons naturais e a presença de água foram os elementos biofílicos mais utilizados. Para mensurar o efeito da biofilia virtual, os instrumentos mais eficazes incluem pressão arterial, frequência cardíaca e sua variabilidade, nível de condutância da pele, EEG, além dos questionários PANAS e STAI.

Este tipo de pesquisa é importante, não só para mostrar que é possível melhorar o bem-estar com a natureza virtual, mas também, essa metodologia pode ser utilizada em situações em que o contato físico com a vegetação não é possível, seja por falhas logísticas ou em situações de confinamento. Para pesquisas posteriores, uma abordagem interessante seria discutir as diferenças entre as amostras de cada artigo, a variabilidade de gênero, cultura e idade.

Referências

BAKTASH, H.; KIM, D.; SHIRAZI, A. Beyond sight: Comparing traditional virtual reality and immersive multi-sensory environments in stress reduction of university students. **Frontiers in Virtual Reality**, v. 5, 2024.

CHAN, S. H. M. et al. Vertical greenery buffers against stress: Evidence from psychophysiological responses in virtual reality. **Landscape and Urban Planning**, v. 213, 1 set. 2021.

CHAN, S. H. M.; QIU, L.; XIE, T. Understanding experiences in metaverse: How virtual nature impacts affect, pro-environmental attitudes, and intention to engage with physical nature. **Computers in Human Behavior**, v. 149, 1 dez. 2023.

CHEN, D. et al. Physiological and psychological responses to transitions between urban built and natural environments using the cave automated virtual environment**. Landscape and Urban Planning**, v. 241, 1 jan. 2024.

DU, Hongyu; ZHOU, Fengqi; CAI, Yongli; LI, Chunlan; XU, Yanqing. Research on public health and well-being associated to the vegetation configuration of urbangreen space, a case study of Shanghai, China. Urban Forestry & Urban Greening, v.59, 2021.

EMAMJOMEH, A.; ZHU, Y.; BECK, M. The potential of applying immersive virtual environment to biophilic building design: A pilot study. **Journal of Building Engineering**, v. 32, 1 nov. 2020.

FIRTH, A.; JAYADAS, A. Biophilic Design of the ISS Crew Quarters to Improve Cognitive and Physiological Health Measures. IEEE Aerospace Conference Proceedings. Anais...**IEEE Computer Society**, 2022.

HUANG, Q. et al. Trees, grass, or concrete? The effects of different types of environments on stress reduction. **Landscape and Urban Planning**, v. 193, 1 jan. 2020.
JUNG, D.; KIM, D. I.; KIM, N. Bringing nature into hospital architecture: Machine learning-based EEG analysis of the biophilia effect in virtual reality. **Journal of Environmental Psychology**, v. 89, 1 ago. 2023.

JABBAR, M.; YUSOFF, M.; SHAFIE, A. Assessing the role of urban green spaces for human well-being: A systematic review. **GeoJournal**, 2021, pp. 1-19.

KUMPULAINEN, S.; ESMAEILZADEH, S.; PESOLA, A. J. Assessing the well-being benefits of VR nature experiences on group: Heart rate variability insights from a cross-over study. **Journal of Environmental Psychology**, v. 97, 1 ago. 2024.

MASTERS, R. et al. Virtual Nature: Investigating The Effect of Biomass on Immersive Virtual Reality Forest Bathing Applications For Stress Reduction. Proceedings - SAP 2022: ACM Symposium on Applied Perception. Anais...**Association for Computing Machinery**, Inc, 22 set. 2022.

MENG, L.; LI, S.; ZHANG, X. Assessing biodiversity's impact on stress and affect from urban to conservation areas: A virtual reality study. **Ecological Indicators**, v. 158, 1 jan. 2024.

SPIELBERGER, Charles Donald et al. Manual para o inventário de ansiedade de características estaduais**. Imprensa de Consultoria de Psicólogos**. 1983.

SUN, Y. et al. Physiological and affective responses to green space virtual reality among pregnant women. **Environmental Research**, v. 216, 1 jan. 2023.
ULRICH, R. S. **Biophilia, Biophobia and Natural Landscapes.** In: KELLERT, S.R.; WILSON, E. O. The Biophilia Hypothesis. Whashington: Island Press, 1993.

ULRICH, R. S**. Human responses to vegetation and landscapes. Landscape and Urban Planning**, v. 13, p. 29-44, 1986.

XU, W. et al. Exploring the impact of university green spaces on Students' perceived restoration and emotional states through audio-visual perception. **Ecological Informatics**, v. 82, 1 set. 2024.

WATSON, David; CLARK, Lee Anna; TELLEGEN, Auke. Desenvolvimento e validação de medidas breves de afeto positivo e negativo: As escalas PANAS. **Jornal de Personalidade e Psicologia Social**, v. 54(6), p. 1063–1070, 1988.

WILSON, Edward O. **Biophilia: The human bond with other species.** Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1984.

WILSON, E. O**. Biophilia**. Cambridge: Harvard University Press, 1988.

YEOM, S.; KIM, H.; HONG, T. Psychological and physiological effects of a green wall on occupants: A cross-over study in virtual reality. **Building and Environment**, v. 204, 15 out. 2021.

YIN, J. et al. Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality. **Environment International**, v. 136, 1 mar. 2020.

YIN, J. et al. Effects of biophilic interventions in office on stress reaction and cognitive function: A randomized crossover study in virtual reality. **Indoor Air**, v. 29, n. 6, p. 1028–1039, 1 nov. 2019.

YIN, J. et al. Physiological and cognitive performance of exposure to biophilic indoor environment. **Building and Environment**, v. 132, p. 255–262, 15 mar. 2018.

YOU, J. et al. Biophilic classroom environments on stress and cognitive performance: A randomized crossover study in virtual reality (VR). PLoS ONE, v. 18, n. 11 November, 1 nov. 2023.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) – T.O. 738/2024.