

Robótica de Telepresença para Imersão em Visitas Virtuais a Museus

Telepresence Robotics for Immersion in Virtual Museum Visits

Agatha dos Santos Floriani*, Lucas Alexandre Zick†,
Dieisson Martinelli‡, Vivian Cremer Kalempa§

RESUMO

As implementações tecnológicas das visitas virtuais a museus e espaços culturais têm o problema de resultar na baixa imersão e passividade para o usuário. Este trabalho propõe uma abordagem baseada na robótica de telepresença para superar essas limitações, buscando criar uma experiência de visita remota mais dinâmica e engajadora. Foi desenvolvido um sistema que permite a um usuário controlar um robô móvel (Leo Rover) em um ambiente físico, recebendo um fluxo de vídeo em tempo real através de uma interface com *joystick*. A experiência do usuário foi avaliada através de um estudo com 11 participantes, que realizaram tarefas de navegação e forneceram o retorno de suas experiências de uso, demonstrando uma alta usabilidade do sistema, com os controles sendo classificados como intuitivos e de fácil aprendizado. Conclui-se que a telepresença robótica se apresenta como uma alternativa eficaz para devolver ao visitante remoto o sentimento de presença, enriquecendo o potencial das visitas virtuais.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica de Telepresença; Museus Virtuais; Experiência Imersiva; Experiência do Usuário.

ABSTRACT

The technological implementations of virtual visits to museums and cultural spaces have a resulting problem in low immersion and passivity on the part of the user. This work proposes an approach based on telepresence robotics to overcome these limitations, seeking to create a more dynamic and engaging remote visiting experience. A system was developed that allows a user to control a mobile robot (Leo Rover) in a physical environment, receiving a real-time video stream through a joystick interface. The user experience was evaluated through a study with 11 participants, who performed navigation tasks and provided feedback, demonstrating high usability of the system, with the controls being classified as intuitive and easy to learn. It is concluded that robotic telepresence presents itself as an effective alternative to return the agency and the feeling of presence to the remote visitor, enriching the potential of virtual visits.

KEYWORDS: Telepresence Robotics; Virtual Museums; Immersive Experience; User Experience (UX).

1 INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 acelerou drasticamente a digitalização dos espaços culturais, forçando museus em todo o mundo a repensar suas estratégias de engajamento com o público (Rautiainen, 2024; Resta; Dicuonzo, 2024). Nesse contexto, as tecnologias de visita virtual deixaram de ser um recurso complementar para se tornarem um canal primário de acesso à cultura. Embora essenciais, essas soluções digitais trouxeram à tona um debate crucial sobre a qualidade e a natureza da experiência remota, evidenciando as barreiras que ainda persistem para uma verdadeira democratização do acesso ao patrimônio (Nikolaou, 2024).

*  Universidade do Estado de Santa Catarina, São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil.  agatha.floriani@edu.udesc.br.

†  Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.  zick@alunos.utfpr.edu.br.

‡  Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.  dmartinelli@alunos.utfpr.edu.br.

§  Universidade do Estado de Santa Catarina, São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil.  vivian.kalempa@udesc.br.

Apesar de facilitarem o acesso aos acervos, os *tours* virtuais mais comuns apresentam limitações significativas (Komarac; Ozretić Došen, 2024). Geralmente, são baseados em representações estáticas, como fotografias de 360 graus ou vídeos, que oferecem pouca liberdade de exploração ao usuário. Com uma interação limitada e passiva, a experiência resultante tem baixa imersão e não consegue capturar a atmosfera dinâmica e a profundidade de um ambiente museal real.

Um aspecto central da visita a um museu é a autonomia do visitante. Conforme aponta Almeida Prado (2020), em um espaço físico, a pessoa pode “personalizar sua narrativa durante sua visita: a velocidade em que transita entre as galerias e os pontos de parada, descanso e reflexão”. Para que a democratização do acesso seja efetiva, é preciso ir além da simples visualização e buscar replicar essa experiência de controle e personalização no ambiente digital, garantindo uma “experiência completa”, como destaca Silva (2021).

Considerando esse cenário, este artigo propõe e analisa um sistema de visitação remota por meio de robótica de telepresença, visando superar as limitações dos modelos virtuais tradicionais. O objetivo geral é fornecer uma experiência mais imersiva e participativa utilizando o robô móvel Leo Rover (Figura 1). A principal contribuição deste trabalho reside na aplicação e avaliação de uma plataforma robótica de código aberto e baixo custo como uma solução viável e replicável para instituições culturais, especialmente aquelas com recursos limitados. Para alcançar este objetivo, foram traçados os seguintes objetivos específicos: (1) desenvolver uma interface de controle intuitiva para a operação remota do robô; (2) avaliar qualitativamente a experiência do usuário em termos de imersão, agência e satisfação; e (3) analisar a viabilidade técnica da implementação em um ambiente museológico simulado.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a arquitetura do sistema proposto; a Seção 3 descreve a metodologia de testes e os resultados obtidos; e, por fim, a Seção 4 traz as conclusões do estudo e indica direções para pesquisas futuras.

2 ARQUITETURA DO SISTEMA E DESENVOLVIMENTO

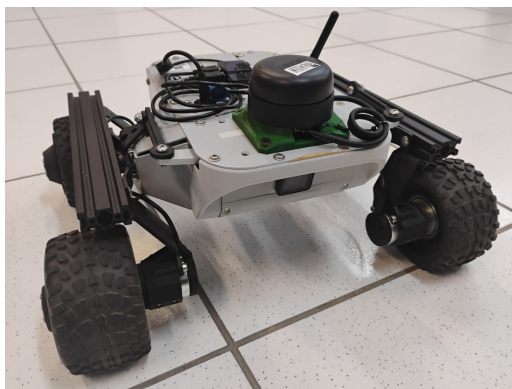
Nesta seção, é detalhada a arquitetura técnica da solução de telepresença proposta, abrangendo a plataforma de *hardware*, a estrutura do *software* e a interação entre os componentes. O desenvolvimento foi orientado por princípios de *design* modular e centrado no usuário, com o objetivo de criar um sistema funcional, intuitivo e robusto, que proporcionasse uma experiência de controle e visualização fluida e imersiva (Parnas, 1972), adequada ao contexto de um ambiente museológico.

2.1 PLATAFORMA ROBÓTICA: LEO ROVER

A base de *hardware* do projeto é o robô móvel Leo Rover. A escolha desta plataforma foi o resultado de uma análise comparativa frente a outras alternativas. Veículos aéreos, como drones, foram descartados devido ao ruído gerado por suas hélices (Schäffer *et al.*, 2021), inadequado para o ambiente silencioso de um museu, além de sua baixa autonomia de voo e restrições de operação em ambientes internos. Robôs com rodas mais simples, por outro lado, frequentemente carecem da integração nativa com ROS ou da robustez mecânica necessária. O Leo Rover se destacou por oferecer um equilíbrio ideal entre essas variáveis. Sua estrutura mecânica, com tração 4x4 e suspensão do tipo *rocker-bogie*, confere estabilidade e capacidade de manobra notáveis, adequadas para navegar com segurança sobre os diferentes tipos de piso e pequenos obstáculos, como mostra a figura 1 o modelo

do Leo Rover.

Figura 1 – Foto do Leo Rover.



Fonte: Próprios autores.

A arquitetura do robô é aberta e nativamente baseada no Robot Operating System (ROS), executado em um computador embarcado Raspberry Pi. A compatibilidade com ROS é um diferencial decisivo, pois simplifica a integração de *software* personalizado e permite o aproveitamento de um vasto ecossistema de ferramentas de robótica. A natureza de código aberto da plataforma e de sua comunidade ativa também significa acesso a fóruns de suporte e a pacotes de *software* pré-existentes que podem acelerar o desenvolvimento de novas funcionalidades. A extensibilidade da plataforma permite, por exemplo, a futura adição de sensores como um LiDAR para mapeamento e prevenção de colisão autônoma, ou até mesmo um braço robótico para interações mais complexas.

Um fator prático de extrema importância para a aplicação em um museu é a autonomia energética do robô. O Leo Rover é equipado com um pacote de baterias de íon-lítio que lhe confere até 4 horas de operação contínua. Essa autonomia é compatível com a duração de múltiplos *tours* de visitação ou com um turno de operação antes da necessidade de recarga, garantindo que o sistema possa ser utilizado de forma confiável durante o horário de funcionamento do museu com um planejamento logístico mínimo. Por fim, a comunicação sem fio, realizada via Wi-Fi, constitui a espinha dorsal da conexão entre o robô e a estação do operador, permitindo total liberdade de movimento dentro da área de cobertura da rede.

2.2 ARQUITETURA DE SOFTWARE

Para mediar a interação entre o usuário e o robô, foi desenvolvida uma aplicação de *desktop* em Python, que serve como a camada de controle principal. A linguagem foi selecionada devido à sua versatilidade, sintaxe clara e ao vasto ecossistema de bibliotecas (Oliphant, 2007). O *software* foi projetado de forma modular, separando a lógica de captura de comandos da lógica de apresentação da interface. Essa abordagem não apenas organiza o código, mas também facilita a manutenção e a realização de futuras atualizações em cada módulo de forma independente.

O ROS, especificamente a versão Noetic Ninjemys operando sobre Ubuntu 20.04, atua como um *middleware* de comunicação desacoplado. Nessa arquitetura, os diferentes processos de *software*, ou “nós” (*nodes*), operam de forma independente, comunicando-se através de canais nomeados, os “tópicos” (*topics*). Essa estrutura é inerentemente robusta, pois uma falha em um nó, como o da interface gráfica, não necessariamente interrompe outros

processos vitais (Quigley *et al.*, 2009). A aplicação em Python funciona como uma ponte de alto nível para essa arquitetura, inscrevendo-se nos tópicos de sensores e publicando nos tópicos de atuadores. Este *design* abstrai a complexidade do ROS, permitindo que a aplicação de controle possa ser, teoricamente, adaptada para operar outros robôs compatíveis com ROS com modificações mínimas na camada de interface.

A dependência de uma rede Wi-Fi para comunicação introduz desafios de conectividade. Perdas de pacote ou variações na intensidade do sinal podem impactar a experiência do usuário (Ahsen *et al.*, 2021). Para mitigar isso, a interface gráfica foi projetada para incluir um indicador visual de *status* da conexão, informando ao usuário se o *link* com o robô está ativo.

2.2.1 Módulo de Controle do Operador

O método de controle principal é um *joystick* USB padrão. Esta escolha se contrapõe a alternativas como teclado, pois o controle analógico dos direcionais permite uma movimentação muito mais fluida e com múltiplos graus de velocidade, essencial para uma navegação precisa e para evitar movimentos bruscos que poderiam quebrar a sensação de imersão (Sheridan, 1992). A familiaridade deste dispositivo minimiza a curva de aprendizado, permitindo que visitantes operem o robô com confiança (Wagner; Avdic; Heß, 2016).

Para refinar a experiência de controle, foram implementadas duas técnicas complementares no *software*. Primeiramente, as zonas mortas (*dead zones*) consistem em ignorar pequenos sinais do *joystick* quando ele está próximo à posição central, prevenindo movimentos indesejados e garantindo a estabilidade em repouso. Adicionalmente, foram aplicadas curvas de sensibilidade não-lineares (exponenciais), que permitem movimentos extremamente lentos e precisos com pequenas inclinações do direcional, ideal para se aproximar de uma obra, ao mesmo tempo que permitem atingir a velocidade máxima com inclinações completas. Essa combinação otimiza tanto a precisão em micro-movimentos quanto a agilidade em manobras rápidas, resultando em um controle intuitivo e responsivo.

O fluxo de dados de controle começa pelo *joystick*, que gera sinais de entrada, que são capturados em tempo real pela biblioteca Pygame. Os valores dos eixos são mapeados para velocidades lineares (eixo vertical para `linear.x`) e angulares (eixo horizontal para `angular.z`), considerando as zonas mortas e curvas de sensibilidade. Esses dados são então formatados em uma mensagem do tipo `geometry_msgs/Twist` e publicados pela aplicação no tópico `/cmd_vel` do ROS, que é escutado pelo nó de controle do Leo Rover para comandar seus motores. A interface gráfica também fornece um *feedback* visual simples, confirmando que o *joystick* está conectado e ativo.

2.2.2 Módulo de Visualização Remota

A interface de vídeo, que funciona como os “olhos” do usuário no museu, foi construída utilizando o *framework* PyQt. A escolha do PyQt justifica-se por sua robustez e pelo seu eficiente sistema de sinais e slots (*signals and slots*), que é um padrão de projeto ideal para aplicações orientadas a eventos, como a renderização de um fluxo de vídeo assíncrono recebido pela rede.

A câmera do Leo Rover, com sua lente olho de peixe de 170°, oferece um campo de visão panorâmico. Essa característica representa uma vantagem de projeto significativa, pois maximiza a consciência situacional do operador, permitindo-lhe observar uma maior parte

do ambiente de uma só vez, o que é útil para navegar em corredores ou entre expositores (Gaspar, 2002). O fluxo de vídeo é transmitido pelo robô em formato comprimido através do tópico ROS `/camera/image_raw/compressed`, uma estratégia crucial para reduzir a latência e otimizar o uso da largura de banda da rede Wi-Fi.

O balanço entre qualidade de imagem, taxa de quadros e latência foi um ponto central nesta etapa. Utilizar o tópico de imagem comprimida (que emprega compressão JPEG por padrão) foi uma decisão deliberada para priorizar uma alta taxa de quadros e baixa latência, fatores mais críticos para a sensação de imersão do que uma fidelidade de imagem perfeita (Shneiderman, 1984). Para garantir que a interface gráfica permaneça responsiva, a recepção e decodificação das mensagens de imagem do ROS são tratadas em uma *thread* separada, evitando que o processo de comunicação de rede bloqueie a atualização da interface do usuário. Embora a distorção da lente não seja corrigida nesta versão, reconhece-se que a aplicação de algoritmos de *de-warping* em tempo real é uma via promissora para trabalhos futuros, visando oferecer uma perspectiva visual ainda mais natural.

2.2.3 Fluxo de Interação e Telepresença

A integração coesa dos módulos de controle e visualização cria um ciclo de interação em malha fechada (*closed-loop*), com o usuário sendo o componente central. A baixa latência neste ciclo de *feedback* sensorio-motor é um fator crítico para sustentar a ilusão de presença, que é o objetivo final de um sistema de telepresença (Steuer, 1992). Atrasos significativos entre o comando do usuário e a resposta visual do robô quebrariam essa conexão, transformando a experiência em algo frustrante e desorientador.

Ao minimizar o atraso entre a ação e a percepção, reduz-se a carga cognitiva necessária para operar o robô. Isso permite que o visitante se concentre menos na mecânica do controle e mais na tarefa principal: a exploração e apreciação do acervo do museu (Sheridan, 1992). Essa interatividade responsiva é o que permite ao usuário realizar manobras delicadas, como aproximar-se de uma obra para observar detalhes ou navegar por espaços mais restritos, ações impossíveis em *tours* estáticos.

O sistema atual provê um rico *feedback* visual, mas carece de outros canais sensoriais, como o auditivo ou o tátil. A ausência de som do ambiente do museu é uma limitação reconhecida para uma imersão completa. Uma futura iteração do projeto poderia incluir a transmissão de áudio de alta fidelidade capturado por microfones no robô, o que aumentaria significativamente a sensação de estar “lá”. O objetivo final é fomentar um senso de “personificação” (*embodiment*), no qual o usuário passa a sentir o robô como uma extensão de seu próprio corpo no ambiente remoto, transformando o visitante de espectador passivo em um explorador ativo e com agência no espaço expositivo (Sanchez-Vives; Slater, 2005).

3 ESTUDO EXPERIMENTAL: METODOLOGIA E RESULTADOS

3.1 PARTICIPANTES

Os testes foram realizados com um grupo de participantes, que foram instruídos a controlar o Leo Rover utilizando o sistema de interface desenvolvido. Antes do início de cada sessão, os participantes receberam um breve treinamento sobre os controles básicos do Leo Rover e da câmera, garantindo uma familiarização mínima com a plataforma.

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Cada participante foi solicitado a completar uma série de tarefas que envolviam:

1. Navegação Livre: Controlar o rover pelo ambiente de teste para explorar o espaço.
2. Interação com Objetos: Aproximar o Leo Rover das garrafas dispostas, utilizando a câmera para visualizar os objetos de diferentes ângulos e distâncias.
3. Manobras Específicas: Realizar movimentos de precisão ao redor dos objetos para simular a inspeção de artefatos em uma exposição.

Durante a realização das tarefas, foram registradas observações diretas sobre o desempenho dos participantes, incluindo a eficiência na navegação, a precisão no controle da câmera e as estratégias adotadas para interagir com os objetos.

3.3 COLETA DE DADOS

Após a conclusão das tarefas práticas, os participantes foram submetidos a um questionário estruturado. Este questionário incluiu perguntas em escala Likert para avaliar aspectos como a facilidade de uso dos controles, a fluidez do sistema, o nível de imersão proporcionado pela visualização da câmera e a confiança no controle do rover (Norman, 2010). Além disso, foram incluídas perguntas abertas para capturar *feedback* qualitativo detalhado sobre a experiência geral, dificuldades encontradas e sugestões de melhoria (Creswell; Creswell, 2018). A combinação de observações diretas e dados de questionário permitiu uma avaliação abrangente da experiência do usuário no controle remoto do Leo Rover em um ambiente simulado de museu.

3.4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir dos questionários aplicados aos 11 participantes que realizaram os testes de controle do Leo Rover no ambiente simulado de museu. Os dados foram coletados por meio de questões em escala Likert e uma pergunta sobre a frequência de visitas a museus.

3.4.1 Análise Quantitativa

O perfil dos participantes indicou baixa familiaridade recente com o ambiente de museus (9 de 11 não realizaram visitas no último ano). Os dados do questionário pós-teste foram compilados e suas estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas das Respostas em Escala Likert (N=11).

Dimensão Avaliada	Média	Desvio Padrão	Mediana	Moda
Satisfação com a Experiência	3.91	1.30	4.0	4.0, 5.0
Facilidade dos Controles	4.36	1.03	5.0	5.0
Confiança no Controle	4.00	0.89	4.0	4.0
Fluidez do Vídeo	3.82	0.98	4.0	4.0
Nível de Imersão	4.00	1.10	4.0	4.0

Fonte: Autoria própria.

A análise revela uma recepção geral fortemente positiva. A “Facilidade dos Controles” foi o aspecto mais bem avaliado (Média = 4.36), com a maioria dos participantes (Mediana

e Moda = 5.0) considerando o sistema “Fácil” de usar. Este resultado, aliado a uma alta “Confiança no Controle” (Média = 4.00), valida a escolha da interface baseada em *joystick* como intuitiva e de rápida aprendizagem. As métricas de “Satisfação com a experiência” (Média = 3.91) e “Nível de Imersão” (Média = 4.00) também foram altas, sugerindo que a usabilidade do sistema funcionou como um facilitador para uma experiência engajadora. A “Fluidez do Vídeo” foi avaliada positivamente (Média = 3.82), mas não com o mesmo entusiasmo dos controles, indicando um ponto de possível aprimoramento técnico.

3.4.2 Análise Qualitativa

As percepções coletadas nas conversas informais pós-teste enriqueceram os dados quantitativos. Os principais temas que emergiram foram:

- Pontos Positivos: Os participantes elogiaram consistentemente a “intuitividade” e a “responsividade” dos controles. Muitos destacaram a “sensação de liberdade” de poder explorar o ambiente no próprio ritmo, em contraste direto com a passividade de tours virtuais baseados em cliques.
- Oportunidades de Melhoria: As críticas focaram na experiência audiovisual. Foram reportados “pequenos congelamentos no vídeo” por alguns usuários, o que corrobora a avaliação quantitativa da fluidez. A distorção da lente “olho de peixe” foi notada, e houve um desejo unânime pela adição de som ambiente para “aumentar a sensação de estar realmente lá”.

3.5 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo sugerem que a abordagem de telepresença robótica é eficaz em superar duas das principais limitações dos *tours* virtuais convencionais: a falta de agência e a baixa imersão. A alta usabilidade do sistema permitiu que os participantes se concentrassem na tarefa de exploração, em vez de na ferramenta de controle, o que é um pré-requisito para experiências imersivas. A capacidade de controlar ativamente um modelo físico no espaço parece ser um fator poderoso para gerar sentimentos de presença e satisfação.

Apesar dos resultados promissores, o estudo possui limitações claras. A amostra de participantes (N=11), embora suficiente para um estudo exploratório, é pequena e homogênea, não representando o público diverso de um museu. O ambiente de laboratório, com alvos simplificados, não replica a riqueza e a complexidade de uma exposição real, o que pode ter influenciado positivamente a facilidade de navegação. Adicionalmente, a falta de um grupo de controle (ex: realizando um *tour* virtual tradicional) impede uma comparação quantitativa direta sobre a superioridade da imersão.

4 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a viabilidade de utilizar um robô de telepresença como interface para visitas virtuais, com o objetivo de avaliar a usabilidade do sistema e seu potencial para criar uma experiência imersiva para o usuário. Os resultados obtidos nos testes práticos fornecem uma validação clara e promissora da abordagem proposta.

A análise da experiência do usuário revelou que a alta usabilidade do sistema foi o pilar para uma recepção positiva. A notável facilidade de controle, proporcionada pela interface

intuitiva com o *joystick*, gerou nos participantes um forte sentimento de confiança desde o início da interação. Essa fluidez no controle, aliada a uma transmissão de vídeo estável, foi fundamental para que os usuários se sentissem genuinamente imersos no ambiente, capazes de explorar o espaço com um senso de agência e liberdade que não é encontrado em *textitours* virtuais tradicionais.

O estudo demonstra, portanto, que a abordagem de telepresença robótica é eficaz em superar duas das principais limitações das plataformas virtuais convencionais: a passividade da experiência e a consequente quebra de imersão. Ao devolver ao usuário o controle ativo sobre sua própria exploração, o sistema transforma a visita remota em uma atividade engajadora e satisfatória. Conclui-se que o protótipo testado funciona como uma robusta prova de conceito, validando o uso de *rovers* como uma nova e poderosa ferramenta para a democratização do acesso a espaços culturais.

4.1 LIMITAÇÕES E DIREÇÕES FUTURAS

É importante reconhecer as limitações inerentes a este estudo exploratório. A avaliação foi conduzida com uma amostra de participantes pequena e homogênea, em um ambiente de laboratório controlado que não replica a complexidade de um museu real. Além disso, a ausência de um grupo de controle utilizando um *tour* virtual tradicional impede uma comparação direta sobre a magnitude do ganho de imersão.

No campo prático, a pesquisa também levantou barreiras significativas à implementação da solução. A logística para a aplicação dos robôs em museus apresenta desafios consideráveis, incluindo o elevado custo do Leo Rover e da infraestrutura de sistema e *streaming* necessária. Questões sobre a viabilidade de horários e a alocação de espaços físicos também precisam ser solucionadas, tornando o acesso a essa alternativa um obstáculo para a maioria das instituições.

Diante desse panorama, trabalhos futuros deverão se concentrar na validação do sistema em ambientes autênticos e com um público mais diversificado. Sugere-se também a investigação do uso de outros robôs e a incorporação de novas funcionalidades, como o *feedback* de áudio do ambiente, um desejo expresso pelos participantes, a fim de criar uma experiência multissensorial ainda mais rica e imersiva.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Disponibilidade de código

O código da aplicação principal desenvolvida e discutida neste estudo está disponível no repositório GitHub: <https://github.com/Laboratorio-de-Informatica-Industrial/museu-rover>.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse

REFERÊNCIAS

- AHSEN, Tooba *et al.* The Effects of Network Outages on User Experience in Augmented Reality Based Remote Collaboration-An Empirical Study. **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, ACM New York, NY, USA, v. 5, CSCW2, p. 1–27, 2021.
- CRESWELL, John W; CRESWELL, J David. **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. [S. l.]: SAGE Publications, 2018.
- GASPAR, JAdCP. Omnidirectional vision for mobile robot navigation. **IST-Universidade Tecnica de Lisboa**, Citeseer, p. 150, 2002.
- KOMARAC, Tanja; OZRETIĆ DOŠEN, Đurđana. Understanding virtual museum visits: generation Z experiences. **Museum management and curatorship**, Taylor & Francis, v. 39, n. 3, p. 357–376, 2024.
- NIKOLAOU, Polina. Museums and the post-digital: Revisiting challenges in the digital transformation of museums. **Heritage**, MDPI, v. 7, n. 3, p. 1784–1800, 2024.
- NORMAN, Geoff. Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. **Advances in Health Sciences Education**, Springer, v. 15, n. 5, p. 625–632, 2010.
- OLIPHANT, Travis E. Python for scientific computing. **Computing in Science & Engineering**, IEEE, v. 9, n. 3, p. 10–20, 2007.
- PARNAS, David L. On the criteria to be used in decomposing systems into modules. **Communications of the ACM**, v. 15, n. 12, p. 1053–1058, 1972.
- QUIGLEY, Morgan *et al.* ROS: an open-source Robot Operating System. *In*: KOBE, JAPAN, 2009. ICRA workshop on open source robotics. [S. l.: s. n.], 2009. v. 3, p. 5.
- RAUTIAINEN, Mika. **Effects of COVID-19 pandemic on Digital Transformation in the Art Museum sector**. 2024. Diss. (Mestrado) – M. Rautiainen.
- RESTA, Giuseppe; DICUONZO, Fabiana. Towards a digital shift in museum visiting experience. Drafting the research agenda between academic research and practice of museum management. **Architecture and Design for Industry 4.0**, Springer, p. 609–648, 2024.
- SANCHEZ-VIVES, Maria V; SLATER, Mel. From presence to consciousness through virtual reality. **Nature Reviews Neuroscience**, Nature Publishing Group, v. 6, n. 4, p. 332–339, 2005.
- SCHÄFFER, Beat *et al.* Drone noise emission characteristics and noise effects on humans—a systematic review. **International journal of environmental research and public health**, MDPI, v. 18, n. 11, p. 5940, 2021.
- SHERIDAN, Thomas B. **Telerobotics, automation, and human supervisory control**. [S. l.]: MIT press, 1992.

SHNEIDERMAN, Ben. Response time and display rate in human performance with computers. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM New York, NY, USA, v. 16, n. 3, p. 265–285, 1984.

STEUER, Jonathan. Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. **Journal of communication**, Oxford University Press, v. 42, n. 4, p. 73–93, 1992.

WAGNER, Maximilian; AVDIC, Dennis; HESS, Peter. Gamepad Control for Industrial Robots. *In*: PROCEEDINGS of the 13th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics. [S. l.: s. n.], 2016. P. 368–373.