



**João Luís Fernandes
Clemente**

**Uso de um braço robótico para auxiliar cenários
de Colaboração Remota apoiada por Realidade
Mista**

**Using a Robotic Arm to Assist during Scenarios
of Remote Collaboration supported by Mixed
Reality**



**João Luís Fernandes
Clemente**

**Uso de um braço robótico para auxiliar cenários
de Colaboração Remota apoiada por Realidade
Mista**

**Using a Robotic Arm to Assist during Scenarios
of Remote Collaboration supported by Mixed
Reality**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Robótica e Sistemas Inteligentes, realizada sob a orientação científica do Doutor Bernardo Marques, Professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, e do Doutor Eurico Pedrosa, Professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

ponho aqui algo?

o júri / the jury

presidente / president

Prof. Doutor João Antunes da Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

vogais / examiners committee

Prof. Doutor João Antunes da Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Antunes da Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Antunes da Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Antunes da Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Antunes da Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos / acknowledgements

Esta dissertação consiste no culminar de um percurso académico que se estendeu ao longo de 17 anos. Deste modo, gostaria de começar por agradecer à minha família, especialmente à minha mãe e ao meu pai por me terem proporcionado esta aventura, bem como, por terem celebrado todas as minhas conquistas.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Bernardo Marques e Professor Doutor Eurico Pedrosa, pelo apoio e orientação na conceção deste trabalho, bem como pelas diversas horas nas quais se dispuseram a ajudar-me, de modo a poder levar este projeto a bom porto. Gostaria também de agradecer ao Doutor João Alves, por me ter transmitido o seu conhecimento e experiência, fundamentais para a realização deste trabalho.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer a todos os amigos que fiz ao longo deste percurso, tendo um especial carinho pela "família" que criei em Aveiro, por terem partilhado comigo belos momentos e pela constante presença e apoio nos últimos 5 anos.

A todos aqueles que se cruzaram comigo e de algum modo contribuíram para o meu crescimento pessoal e académico, o meu muito obrigado.

palavras-chave

texto livro, arquitetura, história, construção, materiais de construção, saber tradicional.

resumo

Um resumo é um pequeno apanhado de um trabalho mais longo (como uma tese, dissertação ou trabalho de pesquisa). O resumo relata de forma concisa os objetivos e resultados da sua pesquisa, para que os leitores saibam exatamente o que se aborda no seu documento.

Embora a estrutura possa variar um pouco dependendo da sua área de estudo, o seu resumo deve descrever o propósito do seu trabalho, os métodos que você usou e as conclusões a que chegou.

Uma maneira comum de estruturar um resumo é usar a estrutura IMRaD. Isso significa:

- Introdução
- Métodos
- Resultados
- Discussão

Veja mais pormenores aqui:

<https://www.scribbr.com/dissertation/abstract/>

keywords

Industry 5.0, Human Robot Collaboration, Mixed Reality, Digital Twin, Remote Collaboration, Unity, ROS.

abstract

The transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 marks a significant shift toward human-centric manufacturing, emphasizing seamless collaboration between human operators and intelligent machines. The primary objective of this dissertation is to develop a novel framework that integrates Mixed Reality with a UR10e robotic arm to facilitate dynamic and immersive collaboration between on-site and remote human operators.

To achieve this, the Unity game engine is employed to create an Mixed Reality environment that serves as an active, synchronized Digital Twin of the UR10e robot. Vuforia's image-based tracking system utilizes ArUco markers for pose registration, aligning the digital model with robot's physical counterpart. Bidirectional communication is established through the Robot Operating System (ROS), ensuring the digital entity can influence and be influenced by the physical one.

Key features include on-site interaction, where the user manipulates the robot through an appropriate control panel within an intuitive interface, with augmented reality elements providing visual and auditory cues to enhance user awareness. Virtual safety zones are implemented to ensure safe interaction, automatically halting the robot if breached. Remote users visualize the collaborative scenario and are able to control the robot via the Mixed Reality application. A real-time camera feed from the robot's perspective is integrated, providing comprehensive situational awareness. During development, the lack of comprehensive documentation posed significant challenges such as integrating the robot's digital model into Unity, ensuring accurate pose registration, and establishing bidirectional communication.

The system's potential applications extend to various collaborative tasks in the industry, such as complex assembly tasks where on-site technicians and remote experts collaborate using the developed interface and remote surgical procedures assisted by robotic arms.

Core functionalities were successfully implemented, however, future work includes enhancing immersive technologies by integrating devices like the Microsoft HoloLens 2 and Meta Quest, improving communication tools with interactive annotations and gesture-based interactions, and conducting comprehensive user studies to refine the system based on real-world feedback.

In conclusion, this dissertation presents a comprehensive framework that enhances remote collaboration in Human-Robot Collaboration scenarios by integrating Mixed Reality alongside Digital Twin technologies. The developed system aligns with the human-centric values of Industry 5.0, fostering more efficient, safe, and collaborative industrial practices. It lays the groundwork for future advancements in Mixed Reality-based applications within Human-Robot Collaboration, contributing to the evolution of modern manufacturing environments.

**reconhecimento do uso de
ferramentas de AI**

Reconhecimento do uso de tecnologias e ferramentas de Inteligência Artificial (IA) generativa, softwares e outras ferramentas de apoio.

Reconheço a utilização do ChatGPT 4 (Open AI, <https://chat.openai.com>) para melhorar a escrita académica e para fornecer sugestões de código e assistência no desenvolvimento do software.

I acknowledge the use of ChatGPT 4 (Open AI, <https://chat.openai.com>) for refining academic language and offering code suggestions, aiding in the development of the software components.