



**Beatriz
Marques**

**Desenvolvimento e Operacionalização de uma
Mão Robótica Antropomórfica**

**Development and Operationalization of an
Anthropomorphic Robotic Hand**



**Beatriz
Marques**

**Desenvolvimento e Operacionalização de uma
Mão Robótica Antropomórfica**

**Development and Operationalization of an
Anthropomorphic Robotic Hand**

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 Vítor Manuel Ferreira dos Santos, Professor associado c/ agregação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, do Doutor Filipe Miguel Teixeira Pereira da Silva, Professor auxiliar do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

o júri / the jury

presidente / president

Professor Doutor José Nuno Panelas Nau

Professor Associado da Universidade de Aveiro

vogais / examiners committee

Professor Doutor João Paulo Morais Ferreira

Professor Coordenador do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (Arguente Principal)

Professor Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Professor Associado C/ Agregação da Universidade de Aveiro (Orientador)

agradecimentos / acknowledgements

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste trabalho.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, por estarem sempre ao meu lado e por acreditarem em mim em todas as etapas deste percurso. Ao meu namorado, pelo carinho, paciência e constante incentivo, especialmente nos momentos mais desafiantes.

Agradeço aos meus professores pelas sugestões, orientações e disponibilidade ao longo do desenvolvimento deste trabalho, que foram fundamentais para alcançar os melhores resultados possíveis.

Um agradecimento especial ao Engenheiro Rui Heitor, pelo apoio técnico e pelos esclarecimentos prestados nas questões relacionadas com fabrico e soldadura.

À Professora Petia Georgieva, agradeço pelos conselhos valiosos e pela orientação na fase final do projeto, em particular no que diz respeito à componente de aprendizagem automática.

A todos, o meu muito obrigada.

palavras-chave

Aprendizagem Automática, Arquitetura ROS2, Controlo Baseado em Corrente, Detecção de Sobreposição de Dedos, Mão Robótica Multi-Dedos, Percepção tátil

resumo

Esta dissertação apresenta como objetivo o desenvolvimento e operacionalização de uma mão robótica antropomórfica. O projeto incluiu o fabrico e montagem da estrutura mecânica, a integração de sensores piezoresistivos para deteção de contacto, e a implementação de um sistema de controlo modular em ROS2, capaz de executar movimentos básicos de manipulação. Durante a fase de testes, identificou-se a ocorrência de sobreposições entre dedos durante a abertura da mão, resultantes de uma ordem de ativação inadequada, com risco de colisões internas e esforço excessivo nos motores. Para resolver este problema, foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados e treinado um modelo de aprendizagem automática para classificar automaticamente diferentes tipos de sobreposição. Entre os modelos testados, o *Support Vector Machine* (SVM) revelou o melhor desempenho. Os resultados demonstram elevada precisão na deteção de configurações críticas, contribuindo para a robustez do sistema e abrindo caminho à implementação futura de estratégias de controlo preventivo.

keywords

Current-Based Control, Finger Overlap Detection, Machine Learning, Multi-Finger Robotic Hand, ROS2 Architecture, Tactile Perception

abstract

This dissertation aims to develop and operationalize an anthropomorphic robotic hand. The project included the fabrication and assembly of the mechanical structure, the integration of piezoresistive sensors for contact detection, and the implementation of a modular control system using ROS2, capable of executing basic manipulation movements. During the testing phase, finger overlaps were observed during the hand opening sequence, caused by an inadequate activation order, leading to risks of internal collisions and excessive stress on the motors. To address this issue, a data acquisition system was developed, and a machine learning model was trained to automatically classify different types of finger overlap. Among the tested models, the Support Vector Machine (SVM) achieved the best performance. The results demonstrate high accuracy in detecting critical configurations, contributing to the system's robustness and paving the way for future implementation of preventive control strategies.

**acknowledgement of use of
AI tools**

**Recognition of the use of generative Artificial Intelligence
technologies and tools, software and other support tools.**

Reconheço a utilização do ChatGPT 4.0 (Open AI, <https://chat.openai.com>) para para melhoria e auxílio na revisão da escrita da dissertação.