

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VIÇOSA  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**DANIEL OLIVEIRA TAVARES**

**Sistema de Manipulação Robótica baseado em Visão  
Computacional**

**Viçosa**

**2025**

**DANIEL OLIVEIRA TAVARES**

## **Sistema de Manipulação Robótica baseado em Visão Computacional**

Projeto apresentado ao Curso de Engenharia de Computação do Centro Universitário de Viçosa, como parte dos requisitos para conclusão da disciplina CCE001 Trabalho de Conclusão de Curso 1.

Orientadora: Prof. Ms. Vinicius Martins Almeida

Coorientador: título e corientador aqui

**Viçosa  
2025**

## RESUMO

Coloque o seu resumo aqui

**Palavras-chave:** PC1. PC1. PC1. PC1.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Tema</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema e Justificativa</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>6</b>
1.3.1	Objetivo Geral	6
1.3.2	Objetivos Específicos	6
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do trabalho</b>	<b>7</b>
<b>1.5</b>	<b>Resultados Esperados</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>seção</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da Pesquisa</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>Modelagem e Estrutura Mecânica</b>	<b>10</b>
<b>4.3</b>	<b>Hardware e Eletrônica</b>	<b>10</b>
<b>4.4</b>	<b>Lógica de controle</b>	<b>10</b>
<b>4.5</b>	<b>Técnicas de Visão Computacional</b>	<b>11</b>
<b>4.6</b>	<b>Software</b>	<b>11</b>
<b>4.7</b>	<b>Definição dos recursos</b>	<b>11</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>12</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos têm impulsionado o uso de robôs em diversas áreas, tornando-os cada vez mais presentes no cotidiano humano. Tarefas antes complexas para os seres humanos agora são executadas por máquinas inteligentes que realizam a mesma função em uma fração de tempo e custo, e de forma mais segura (Torres, 2022). A manipulação robótica, área que estuda como robôs interagem fisicamente com o ambiente, vem sendo aplicada por muitos anos, principalmente na indústria para manufatura e automação de produtos. Este tipo de interação pode ser feito de inúmeras formas, dependendo da complexidade da tarefa para a qual o robô foi projetado.

Antigamente, manipulação robótica consistia em uma série de movimentos pré-definidos sem a habilidade de adaptação a mudanças do ambiente (Trends, 2019). Com a evolução com o passar dos anos, tais sistemas gradualmente evoluíram, hoje tendo sistemas autônomos e inteligentes. Com isso, permitiu que as tarefas realizadas fossem mais complexas.

Neste contexto, a integração de sensores visuais aos sistemas robóticos passou a ser essencial para melhor desempenho das tarefas, uma vez que esta fornece uma gama de informações, dentre elas identificar a posição e orientação de objetos conhecidos (Tang, 2020). Segundo Shahira (2022), a manipulação baseada em visão ocorre quando um robô realiza ações com base em informações visuais captadas por uma ou mais câmeras, e utiliza esses dados como forma de *feedback* para guiar seu comportamento.

Apesar dessas inovações, ainda existem desafios importantes relacionados à precisão do reconhecimento visual e ao controle eficiente da trajetória dos manipuladores, especialmente quando o sistema precisa operar de forma autônoma e adaptativa. Diante desse cenário, torna-se relevante explorar soluções eficientes para tarefas de manipulação orientadas por percepção visual.

Este trabalho consiste em simular uma parcela de um setor industrial responsável pela identificação e separação de objetos por meio de um sistema de manipulação robótica e visão computacional. O sistema será composto por um robô manipulador de 5 graus de liberdade montado sobre uma base fixa e equipado com um atuador em sua extremidade para manusear peças. Uma câmera fixada na estrutura do sistema será responsável por identificar a cor, posição e orientação dos objetos. Um SBC Raspberry Pi (minicomputador de placa única) irá processar as imagens capturadas pela câmera e irá controlar de forma autônoma o robô para fazer a separação e ordenação dos itens.

Na prática, o sistema funcionará da seguinte maneira: materiais cúbicos semelhantes serão dispostos aleatoriamente sobre uma área de trabalho previamente definida, permitindo

que a câmera, montada na parte superior da estrutura, identifique com precisão as características dos objetos, sendo estas cor, posição, orientação. Após o reconhecimento e processamento destas informações, o braço robótico iniciará a manipulação dos objetos individualmente de forma totalmente autônoma, depositando-os em seus respectivos reservatórios, baseado na cor que possuem. Diferentes algoritmos de controle serão testados para avaliar a forma mais eficiente para a realização da tarefa.

Dentre os desafios do projeto, estão a concepção, modelagem e montagem física do sistema, implementação de algoritmos de controle e integração de visão computacional ao manipulador robótico. O objetivo principal do trabalho é criar um sistema funcional e de baixo custo, que possa ser utilizado em contextos industriais e também em ambientes acadêmicos para ensino de controle, automação e robótica.

## **1.1 Tema**

Este trabalho consiste em desenvolver um braço robótico funcional, implementar algoritmos de controle e integrar visão computacional ao . Logo, alguns conceitos se destacam no processo de criação deste projeto, como: eletrônica, modelagem 3D, programação, robótica, controle, visão computacional e processamento de imagem.

## **1.2 Problema e Justificativa**

A manipulação robótica é utilizada em inúmeros setores industriais para automatizar processos de manufatura e logística e, com isso, garantir maior precisão e eficiência às tarefas. Robôs manipuladores são utilizados em vários processos, como montagem, soldagem, empacotamento, paletização, inspeção de componentes, entre outros. Segundo Torres(2022), robôs realizam tarefas repetitivas que podem ser perigosas aos seres humanos de forma mais eficiente e mais segura.

No entanto, a implementação desses sistemas exige alto custo operacional, complexidade de desenvolvimento e a necessidade de um controle preciso e eficiente para realizar tarefas específicas. Além do mais, este tipo de sistema deve ser robusto e adaptável a mudanças do ambiente (Cui; Trinkle, 2021). A destreza e a capacidade de manipulação de objetos por meio dos robôs ainda são um grande desafio (Shahria, 2022). Pequenos erros em cálculos de trajetória ou reconhecimento de objetos podem resultar em falhas no processo.

Outro desafio é a integração de visão computacional com manipuladores robóticos. Grandes empresas utilizam sensores modernos e algoritmos avançados para garantir precisão na identificação e manipulação de objetos, enquanto a implementação desses recursos em projetos menores apresenta limitações técnicas e financeiras. Técnicas como segmentação de objetos e controle de trajetória precisam ser ajustadas para garantir funcionamento

eficiente e confiável (Grassi, 2005).

Logo, existe a necessidade de tornar a manipulação robótica mais acessível e aplicável em diferentes contextos, seja na indústria ou na pesquisa acadêmica. Muitos sistemas robóticos disponíveis no mercado são de alto custo, exigem infraestrutura especializada e possuem códigos e protocolos proprietários, o que dificulta a personalização. Embora existam simulações para auxiliar na compreensão do comportamento do robô em um ambiente controlado, a experimentação em um cenário real continua sendo essencial para validar certos comportamentos (Trends, 2019)(Shahria, 2022).

Com isso, o projeto poderá ser utilizado para aprofundar estudos sobre algoritmos de controle de manipuladores, robótica, processamento de imagens e estratégias de otimização de movimento por um preço acessível a instituições de ensino. Por fim, desenvolvendo uma solução de código aberto, o projeto se torna mais flexível e acessível para pesquisadores e desenvolvedores e, dessa maneira, novas funcionalidades podem ser adicionadas ou adaptadas conforme diferentes necessidades.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Projetar e desenvolver um braço robótico de 5 graus de liberdade, utilizando visão computacional para identificar e classificar objetos com base na cor.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Modelar e construir a estrutura mecânica e eletrônica do braço robótico de 5 graus de liberdade.
2. Utilizar ações de controle de malha aberta, malha fechada, trajetória e de posição.
3. Implementar as seguintes técnicas de visão computacional para identificar e classificar objetos: segmentação por cor, detecção de contornos e formas, estimativa de posição e orientação.
4. Integrar o sistema de visão computacional ao controle do manipulador.
5. Desenvolver um *software* interativo para *desktop* para monitoramento e controle do sistema.
6. Realizar testes de precisão, repetibilidade e desempenho do sistema de visão computacional e do controle do manipulador.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

## **1.5 Resultados Esperados**

Espera-se ao final deste trabalho, possuir um sistema robótico funcional que seja capaz de identificar e manipular objetos com base em suas características físicas, e de forma totalmente autônoma. O sistema irá capturar imagens dos objetos através de uma câmera integrada, processar essas informações com algoritmos de visão computacional, calcular as ações de controle e realizar a manipulação sem a necessidade de intervenção humana. O manipulador deverá ordenar de maneira eficiente os blocos e depositá-los em seus respectivos compartimentos de acordo com a cor que possuem.

Além disso, espera-se também aplicar diferentes ações de controle no robô para identificar aquela mais eficaz para a tarefa em questão. Técnicas de visão computacional serão empregadas ao manipulador para que a obtenção das imagens pelo sensor da câmera seja a mais precisa possível. Desta forma, será possível validar na prática diferentes estratégias de controle e analisar entre elas a precisão e o tempo de execução.

Por fim, acredita-se que o sistema desenvolvido contribuirá para o ensino e aprendizagem nas áreas de robótica, automação e visão computacional, e servirá como recurso pedagógico em ambientes acadêmicos.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 seção**

### **3 TRABALHOS RELACIONADOS**

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da Pesquisa

A natureza desta pesquisa é de caráter aplicada, pois tem como foco gerar conhecimento ao solucionar problemas específicos (Nascimento, 2016).

### 4.2 Modelagem e Estrutura Mecânica

A modelagem 3D do manipulador será feita utilizando o software *SolidWorks* e, posteriormente, a informação gerada será transferida para o software *Ultimaker Cura* para o processo de configuração das peças. Os arquivos 3D CAD gerados serão convertidos para o formato STL (estereolitografia), que geralmente é usado em impressão 3D.

As peças serão impressas utilizando uma impressora *Creality Ender3v2 Neo* que utiliza a tecnologia FDM para criação das camadas dos objetos. O material de impressão será o filamento termoplástico do tipo PLA, ou Ácido Polilático, por ser de mais fácil impressão comparado com outros tipos de filamento (Frunzaverde, 2023). A largura da extrusão para todas as peças será mantida no padrão de 0,4 milímetros.

Após projetada e impressa a estrutura física do sistema, será calculado o modelo cinemático do braço robótico usando a notação de Denavit-Hartenberg. A partir disso, será calculada a cinemática direta e a cinemática inversa do sistema, servindo de base para os controladores futuros.

### 4.3 Hardware e Eletrônica

As conexões eletrônicas serão baseadas nas especificações de cada componente, seguindo seus respectivos *datasheets*. O diagrama de conexões e a PCB (placa de circuito impressa) do circuito serão feitos utilizando o software KiCAD.

Lista de componentes a serem utilizados no sistema: Motores de passo, servo motor, *drivers*, SBC Raspberry Pi, Câmera USB, conversor Buck, fonte 24V.

### 4.4 Lógica de controle

Inicialmente, serão testadas ações de controle em malha aberta para avaliação do comportamento básico do sistema. Em seguida, será implementada a ação de controle de malha fechada, o controlador proporcional-integral-derivativo(PID), com o objetivo de reduzir erros de posição. Posteriormente, serão exploradas técnicas mais avançadas como o regulador quadrático linear(LQR) para otimização do controle com base em modelos

matemáticos do robô, e controle preditivo baseado em modelo (MPC) da qual considera restrições físicas do sistema e prevê estados futuros.

A lógica de controle será implementada no Raspberry Pi, que atuará como unidade central de processamento. A execução das tarefas será realizada de forma autônoma, sem a necessidade de intervenção humana.

O desempenho de cada estratégia será analisado com base em métricas como precisão no posicionamento, tempo de execução da tarefa, eficiência na separação e estabilidade dos movimentos. Essas análises permitirão validar qual abordagem é mais adequada ao contexto proposto.

#### **4.5 Técnicas de Visão Computacional**

O sistema terá uma câmera USB conectada ao Raspberry Pi para capturar imagens da área de atuação do manipulador. As imagens adquiridas serão processadas utilizando a biblioteca de visão computacional *OpenCV* a qual irá identificar as características físicas dos objetos a serem manipulados. A partir das imagens obtidas, serão aplicadas técnicas de segmentação de imagem, como filtragem por limiar de cor, detecção de contornos e formas, e estimativa de posição e orientação.

Com os dados obtidos após a segmentação, o sistema de visão fornecerá como saída a posição e orientação do objeto a ser manipulado, que servirá como entrada para os algoritmos de controle. Assim, o braço robótico poderá planejar sua trajetória com base na posição real do objeto detectado, realizando a movimentação até o ponto desejado.

#### **4.6 Software**

Será desenvolvido um *software* para *desktop* utilizando a linguagem C++ e a biblioteca gráfica *Qt* para monitoramento e controle à parte do sistema. O programa terá uma interface gráfica simples e irá funcionar em uma máquina separada do controlador do braço robótico.

#### **4.7 Definição dos recursos**

## REFERÊNCIAS