



**UNifeob**  
| ESCOLA DE NEGÓCIOS

2024

# PROJETO INTEGRADO



UNIFEOB

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO DE ENSINO  
OCTÁVIO BASTOS

ESCOLA DE NEGÓCIOS

**CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**PROJETO INTEGRADO**

AUTOMAÇÃO ROBÓTICA: SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E  
INCLUSIVAS

**UNIFEOB**

SÃO JOÃO DA BOA VISTA, SP

NOVEMBRO 2024

UNIFEOB  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO DE ENSINO  
OCTÁVIO BASTOS  
ESCOLA DE NEGÓCIOS  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
  
**PROJETO INTEGRADO**  
  
AUTOMAÇÃO ROBÓTICA: SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E  
INCLUSIVAS  
  
**UNIFEOB**

MÓDULO DE ROBÓTICA

Cálculo Diferencial e Integral – Prof. Carlos Alberto Collozzo de Souza

Robótica – Prof. Marcelo Ciacco de Almeida

Machine Learning – Prof. Rodrigo Marudi de Oliveira

Álgebra Linear e Geometria Analítica – Prof. Carlos Alberto Collozzo de Souza

Projeto de Robótica – Profª. Mariângela M. Santos

Estudantes:

João Vitor de Lima Pacheco da Silva, RA 21000493

Renan Alves da Silva, RA 21000283

Vitor Antonio Rotha Soares, RA 21000438

Willian Machado de Oliveira, RA 21000399

SÃO JOÃO DA BOA VISTA, SP  
NOVEMBRO 2024

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	9
3	PROJETO INTEGRADO	10
3.1	CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	10
3.1.1	CÁLCULO DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO	10
3.1.2	PLANEJANDO CAMINHOS	10
3.1.3	ESTABILIDADE	10
3.2	ROBÓTICA	11
3.2.1	CONCEITO DO SISTEMA	11
3.2.2	DESENVOLVIMENTO DAS SOLUÇÕES	11
3.2.3	INTEGRAÇÃO E CONTROLE	11
3.3	MACHINE LEARNING	12
3.3.1	IMPLEMENTANDO ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS	12
3.3.2	PROTÓTIPO ROBÓTICO: INTEGRAÇÃO DE MACHINE LEARNING E VISÃO COMPUTACIONAL	12
3.3.3	ABORDAGENS DE VALIDAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE MODELOS DE MACHINE LEARNING	13
3.4	ÁLGEBRA LINEAR E GEOMETRIA ANALÍTICA	13
3.4.1	VETORES	13
3.4.2	TRANSFORMAÇÕES LINEARES	14
3.4.3	TRANSFORMAÇÕES RÍGIDAS	14
3.5	CONTEÚDO DA FORMAÇÃO PARA A VIDA: DESENVOLVENDO IDEIAS	14
3.5.1	DESENVOLVENDO IDEIAS	14
3.5.2	ESTUDANTES NA PRÁTICA	15
4	CONCLUSÃO	16
	REFERÊNCIAS	17
	ANEXOS	18

# 1 INTRODUÇÃO

Nossa empresa tem como foco a ODS 8, que busca **promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, com emprego pleno e produtivo, além de trabalho decente para todos**. Nesse contexto, o protótipo robótico a ser desenvolvido deve atuar como um facilitador em uma área que colabore diretamente para o cumprimento desses objetivos, promovendo soluções inovadoras que contribuam para a criação de ambientes de trabalho mais inclusivos e sustentáveis.

A proposta, portanto, visa não apenas o desenvolvimento tecnológico, mas também o compromisso com a responsabilidade social e ambiental, garantindo que a automação robótica contribua para a construção de um futuro mais justo e sustentável.

O desenvolvimento do robô será orientado para atender diretamente às necessidades estabelecidas pela **ODS 8**, mais especificamente no que diz respeito à promoção de um crescimento econômico inclusivo e sustentável. A partir disso, o robô pode ser projetado para atuar em diversas áreas, desde a automação de tarefas repetitivas e perigosas, o que pode reduzir o risco de acidentes de trabalho, até o suporte em atividades que promovam a inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho.

Este projeto consiste no desenvolvimento de um **braço mecânico** especializado em realizar **soldas em pontos fixos em placas de circuitos**. A estrutura principal do projeto envolve uma base de movimentação em um **plano cartesiano**, permitindo ao braço deslocar-se de forma precisa para diferentes pontos de solda. A soldagem será realizada com o auxílio de um sistema de **alimentação local de estanho**, garantindo a eficiência e a continuidade do processo.

O objetivo final é criar um sistema eficiente e capaz de realizar soldagens com alta precisão em placas de circuito com um nível crescente de autonomia devido à integração de técnicas de aprendizado de máquina.

## 1.1 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

**8) Trabalho Decente e Crescimento Econômico:** Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.

## 1.2 APLICAÇÕES DO PROJETO

### Sistema de Solda Autônoma Industrial

- **Objetivo:** Criar um sistema competente e capaz de realizar soldagens com alta precisão em placas de circuito com um nível próspero de autonomia em função da integração de técnicas de aprendizado de máquina.

### Componentes e Aplicações:

- **Robótica:** Esse processo será otimizado através de um sistema robótico especializado com o objetivo de aumentar a eficiência, diminuição de erros e melhorar a segurança no ambiente de trabalho.

- **Machine Learning:** Serão utilizadas as aplicações de técnicas de aprendizado supervisionado e não supervisionado para treinar os algoritmos que controlam o robô, principalmente na identificação de padrões em ambientes dinâmicos e na execução de tarefas de soldagem com alta precisão. Por meio de redes neurais e algoritmos de otimização, o robô é capaz de ajustar seus movimentos e parâmetros de operação conforme a necessidade, assegurando um desempenho robusto mesmo em condições variáveis de produção.

- **Álgebra Linear e Geometria Analítica:** A movimentação do braço robótico será descrita por meio de matrizes de rotação e translação, a fim de permitir que o robô execute movimentos precisos e coordenados. A combinação de álgebra linear e geometria analítica facilita a precisão e eficácia dos robôs e amplia as possibilidades de inovação e desenvolvimento na área.

- **Cálculo Diferencial e Integral:** A aplicação do cálculo diferencial e integral admite a modelagem precisa de sistemas complexos, o controle preciso de movimentos e a otimização de trajetórias.

## 1.3 REQUISITOS DO PROJETO

- **Impacto Social:** O projeto deve ser desenvolvido com o objetivo de gerar um impacto positivo significativo, contribuindo para o desenvolvimento econômico, a melhoria da qualidade de vida e a sustentabilidade. No entanto, é fundamental que os

benefícios da automatização sejam distribuídos de forma equitativa e que sejam considerados os desafios e as implicações sociais dessa tecnologia.

- **Integração das Unidades de Estudo:** A combinação das áreas aplicadas no projeto (Robótica, Machine Learning, Álgebra Linear e Geometria Analítica, e Cálculo Diferencial e Integral) permite desenvolver robôs de solda autônomos capazes de realizar tarefas complexas com alta precisão e confiabilidade, aumentando a produtividade e a qualidade nos processos de fabricação.

- **Protótipo Funcional:** O projeto contribui de maneira significativa para o fortalecimento de economias locais, criação de empregos de qualidade e o oferecimento de ambientes de trabalho mais seguros, prósperos e inclusivos.

- **Conexão com o Eixo de Formação para a Vida: Desenvolvendo Ideias:**

- **Ideias e oportunidades:**

- **Automação industrial:** A crescente demanda por produtos personalizados e a necessidade de aumentar a eficiência e a qualidade na produção industrial impulsionam a busca por soluções automatizadas, como robôs de solda.

- **Precisão e repetibilidade:** Robôs de solda oferecem alta precisão e repetibilidade, garantindo a qualidade das peças produzidas e reduzindo a necessidade de retrabalho.

- **Flexibilidade:** A capacidade de adaptar o robô a diferentes tipos de peças e processos de soldagem o torna uma solução versátil para diversas indústrias.

- **Redução de custos:** A automação da soldagem pode levar à redução de custos com mão de obra, materiais e tempo de produção.

- **Melhoria das condições de trabalho:** A eliminação de tarefas repetitivas e perigosas para os operadores contribui para um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

- **Equipe:**

- **Engenheiros:** Profissionais com expertise em robótica, mecatrônica, eletrônica e software são essenciais para o desenvolvimento e a implementação do projeto.

- **Programadores:** Profissionais com conhecimento em linguagens de programação para robótica e visão computacional são necessários para desenvolver os algoritmos de controle e processamento de dados.
  - **Especialistas em soldagem:** Profissionais com experiência em processos de soldagem são importantes para garantir a qualidade das juntas e a otimização dos parâmetros de soldagem.
  - **Gestão de projetos:** Um gestor de projetos experiente é fundamental para coordenar as atividades da equipe e garantir o cumprimento dos prazos e do orçamento.
- **Fatores-chave de sucesso para o desenvolvimento de ideias:**
- **Viabilidade técnica:** A ideia deve ser tecnicamente viável e ter potencial de ser implementada com os recursos disponíveis.
  - **Viabilidade econômica:** A ideia deve ser economicamente sustentável, gerando retorno sobre o investimento e sendo competitiva no mercado.
  - **Mercado:** É fundamental realizar uma análise de mercado para identificar as necessidades dos clientes e a concorrência.
  - **Inovação:** A ideia deve oferecer um diferencial competitivo, seja em termos de tecnologia, funcionalidade ou custo.
  - **Equipe:** A equipe deve ser multidisciplinar e contar com profissionais qualificados e motivados.
- **Definindo uma ideia empreendedora:**
- **Problema:** Identificar um problema real que a solução proposta resolva de forma inovadora.
  - **Solução:** Desenvolver uma solução técnica que seja útil e eficiente.
  - **Modelo de negócio:** Definir como a empresa irá gerar receita e como os produtos ou serviços serão entregues aos clientes.
  - **Valor:** Demonstrar o valor da solução para os clientes e como ela se diferencia da concorrência.
  - **Escalabilidade:** Avaliar o potencial de crescimento da empresa e como a solução pode ser expandida para novos mercados.



## 2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Razão social: UNIFEOB, CNPJ: 59.764.555/0001-52. Logradouro: Av. Dr. Octávio da Silva Bastos, 2439, Bairro: Jardim Nova São João, São João da Boa Vista - SP, CEP: 13874-149, Município: São João da Boa Vista, Estado: São Paulo.

A empresa objeto deste projeto atua no mercado de **automação industrial** com foco no desenvolvimento de **robôs especializados em montagem e braços mecânicos** voltados para a execução de **soldas em pontos fixos** em placas de circuitos. Esse setor é uma área crucial da automação industrial, voltada para a melhoria da precisão, eficiência e produtividade em processos de manufatura. O mercado de automação robótica, no qual a empresa está inserida, tem crescido de maneira expressiva nos últimos anos, impulsionado pela demanda por soluções tecnológicas que aumentem a competitividade das indústrias, reduzam custos operacionais e melhorem a qualidade dos produtos finais (Smith, 2020).

Com a **Indústria 4.0**, que abrange a digitalização de processos e o uso de **inteligência artificial (IA)** e **Machine Learning** para controle e automação, a demanda por robôs industriais especializados tem aumentado consideravelmente. Segundo dados do Relatório Internacional de Robótica (IFR, 2021), o mercado global de robôs industriais deve atingir um crescimento anual médio de 12% até 2028, com setores como automotivo, eletrônicos e manufatura liderando o uso de robôs de precisão. Nesse cenário, a empresa se destaca ao oferecer produtos altamente especializados e personalizados, que atendem a demandas específicas da linha de produção de **placas de circuitos eletrônicos**.

### Produtos e Serviços

O principal produto da empresa são **braços robóticos projetados para soldagem de precisão**, que desempenham um papel vital na indústria eletrônica, onde a confiabilidade das conexões elétricas e a exatidão dos processos de montagem são essenciais. Os braços robóticos desenvolvidos pela empresa integram **sistemas de visão computacional** e **controle automático**, permitindo que as soldas sejam realizadas com extrema precisão, independentemente da complexidade dos circuitos.

Entre os principais serviços oferecidos pela empresa estão:

1. **Desenvolvimento de soluções customizadas de automação:** A empresa realiza a análise das necessidades específicas de cada cliente e desenvolve sistemas

robóticos personalizados para a linha de montagem, garantindo maior produtividade e qualidade nos processos industriais.

2. **Integração de sistemas de visão computacional:** Além da montagem dos braços robóticos, a empresa integra **sistemas de visão computacional** para garantir a precisão na identificação dos pontos de soldagem, tornando o processo mais eficiente e minimizando erros.
3. **Manutenção preventiva e corretiva de robôs industriais:** A empresa oferece suporte técnico especializado, realizando a manutenção preventiva e corretiva dos sistemas de robótica e automação, garantindo que as linhas de produção funcionem de forma contínua e sem interrupções.
4. **Treinamento de operadores e técnicos:** Para garantir o pleno uso das soluções de automação, a empresa também oferece treinamento especializado para operadores e técnicos, capacitando-os a manusear os equipamentos com segurança e eficiência.

## **Mercado de Atuação**

O mercado de atuação da empresa está majoritariamente concentrado em setores de alta tecnologia, como o **setor eletrônico e automotivo**, onde a precisão na montagem e soldagem de componentes é essencial. Na indústria eletrônica, a utilização de robôs para realizar soldas em placas de circuito permite uma produção em larga escala com maior qualidade e menos falhas, já que o processo robótico é muito mais preciso do que os métodos manuais tradicionais (Jones, 2019).

A introdução de **robôs de soldagem automatizados** na linha de produção também tem contribuído para o aumento da eficiência produtiva, uma vez que o processo é executado de maneira mais rápida e precisa do que seria possível com o trabalho humano. Isso é particularmente importante em mercados que demandam **altos volumes de produção e padrões de qualidade rigorosos**, como o de eletrônicos de consumo e dispositivos médicos (Kumar, 2020).

## 3 PROJETO INTEGRADO

Nesta etapa do PI serão apresentados os conteúdos que cada unidade de estudo utilizará para realizar o projeto, assim como a forma que serão aplicados na empresa escolhida para a realização do projeto.

### 3.1 CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

O cálculo diferencial e integral é uma ferramenta fundamental em diversos campos da ciência e engenharia, e a robótica não é exceção. Sua aplicação nessa área permite a modelagem precisa de sistemas complexos, o controle preciso de movimentos e a otimização de trajetórias.

Algumas das principais aplicações do cálculo diferencial e integral na Robótica são:

- **Cinemática e dinâmica:**
  - **Cinemática direta e inversa:** O cálculo permite descrever as relações entre as posições, velocidades e acelerações das juntas de um robô e a posição e orientação de seu efetuador final.
  - **Dinâmica:** As equações diferenciais de movimento de um robô são derivadas usando o cálculo, permitindo analisar as forças e torques necessários para gerar um movimento desejado.
- **Controle:**
  - **Controle PID:** O cálculo é utilizado para ajustar os parâmetros de controladores PID, que são amplamente utilizados em robótica para controlar a posição, velocidade e aceleração das juntas.
  - **Controle não linear:** Muitas técnicas de controle avançado, como controle preditivo de modelo (MPC) e controle baseado em passagem de estado, se baseiam em modelos matemáticos obtidos através do cálculo.
- **Planejamento de trajetórias:**
  - **Otimização de trajetórias:** O cálculo permite encontrar trajetórias ótimas que minimizam o tempo de execução, o consumo de energia ou outros critérios de desempenho.
  - **Evitação de obstáculos:** Algoritmos de planejamento de trajetórias baseados em cálculo são utilizados para gerar trajetórias que evitem colisões com obstáculos.

- **Visão computacional:**
    - **Processamento de imagens:** Técnicas de processamento de imagens, como filtragem, detecção de bordas e segmentação, baseiam-se em operações de cálculo.
- Estrutura Mecânica:** O robô será projetado com um braço mecânico articulado, que permitirá movimentos em três eixos (X, Y e Z). Esse tipo de movimento é ideal para posicionar a ferramenta de solda com precisão sobre os pontos designados na placa de circuito (ALMEIDA et al., 2022).
1. **Sistema de Controle:** Um microcontrolador ou um sistema de controle em tempo
    - a. **Reconhecimento de padrões:** Algoritmos de aprendizado de máquina utilizados para reconhecimento de objetos e faces frequentemente envolvem o cálculo diferencial.
  2. **Aprendizado de máquina:**
    - a. **Aprendizado por reforço:** Algoritmos de aprendizado por reforço, utilizados para treinar robôs a tomar decisões, frequentemente se baseiam em métodos de otimização que utilizam o cálculo.

### 3.1.1 CÁLCULO DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO

Para calcular as velocidades e acelerações dos componentes robóticos, utilizamos equações diferenciais que descrevem o movimento dos robôs. Seguem abaixo alguns conceitos e equações fundamentais:

- **Cinemática diferencial:** A cinemática diferencial trata do mapeamento de velocidades e acelerações entre o espaço cartesiano e o espaço de juntas do robô. A matriz jacobiana é uma ferramenta crucial nesse contexto, pois relaciona as velocidades das juntas com as velocidades no espaço cartesiano.
- **Velocidade linear e angular:**
  - **Velocidade linear:** A velocidade linear de um ponto  $P$  em um corpo rígido pode ser expressa como a derivada de posição desse ponto em relação ao tempo:  $v = \frac{dr}{dt}$ , onde  $dr$  é o vetor de posição de  $P$ .
  - **Velocidade angular:** A velocidade angular  $\omega$  descreve a taxa de variação da orientação do corpo:  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ , onde  $d\theta$  são os ângulos de orientação.

- **Aceleração linear e angular:**
  - **Aceleração linear:** A aceleração linear é a derivada da velocidade linear em relação ao tempo:  $a = \frac{dv}{dt}$ .
  - **Aceleração angular:** A aceleração angular é a derivada da velocidade angular em relação ao tempo:  $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ .
- **Equações de Newton-Euler:** As equações de Newton-Euler são usadas para descrever a dinâmica dos manipuladores robóticos levando em conta forças e torques:
  - **Equação de força:**  $F = ma$ , onde  $m$  é a massa e  $a$  é a aceleração linear.
  - **Equação de torque:**  $\tau = I\alpha$ , onde  $I$  é o momento de inércia e  $\alpha$  é a aceleração angular.

### 3.1.2 PLANEJANDO CAMINHOS

Para determinar excelentes trajetórias no projeto usando integrais, a matemática envolvida é crucial, cujo principal objetivo é minimizar o consumo de energia ou tempo. Geralmente, isso se traduz em resolver problemas de otimização usando cálculo variacional e equações diferenciais.

### 3.1.3 ESTABILIDADE

A análise de estabilidade de sistemas robóticos utilizando equações diferenciais é fundamental para garantir que o robô opere de maneira segura e eficiente. Segue abaixo a visão geral de como isso é realizado:

- **Modelagem do sistema:** Primeiramente, o comportamento do robô é modelado usando equações diferenciais. Essas equações descrevem como o estado do robô (como posição, velocidade, etc.) muda ao longo do tempo.
- **Teoria de Lyapunov:** Uma das principais ferramentas para análise de estabilidade é a Teoria de Lyapunov. Esta teoria utiliza uma função chamada função de Lyapunov, que ajuda a determinar se um sistema é estável. A função de Lyapunov deve ser positiva definida e sua derivada ao longo do tempo deve ser negativa definida.
- **Pontos de equilíbrio:** Os pontos de equilíbrio são estados onde o sistema não muda ao longo do tempo. A análise de estabilidade envolve verificar se pequenos

desvios desses pontos retornam ao ponto de equilíbrio (estabilidade assintótica) ou se afastam (instabilidade).

- **Estabilidade linear e não linear:**
  - **Estabilidade linear:** Para sistemas lineares, a estabilidade pode ser analisada diretamente a partir das equações diferenciais lineares. Métodos como a análise de autovalores da matriz do sistema são usados.
  - **Estabilidade não linear:** Para sistemas não lineares, a análise é mais complexa e frequentemente utiliza a Teoria de Lyapunov ou outras técnicas avançadas.
- **Simulações e testes:** Após a análise teórica, simulações computacionais são realizadas para verificar a estabilidade do sistema em diferentes condições operacionais. Isso ajuda a identificar possíveis problemas antes da implementação prática.

## 3.2 ROBÓTICA

A robótica desempenha um papel central no projeto, atuando como o elemento tecnológico principal para o desenvolvimento de soluções que contribuem para a promoção de ambientes de trabalho mais eficientes, seguros e inclusivos, em conformidade com os objetivos da ODS 8. O objetivo primordial da robótica neste projeto é automatizar o processo de soldagem em placas de circuito, realizando soldas de alta precisão em pontos fixos. Esse processo, que historicamente demanda um elevado nível de habilidade manual, será otimizado por meio de um sistema robótico especializado, que tem o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir erros e melhorar a segurança no ambiente de trabalho (ONU, 2020).

O modelo de robô escolhido para o projeto é um braço mecânico articulado com movimentação cartesiana, o que permite deslocamentos precisos em três eixos (X, Y e Z). Esse tipo de sistema é amplamente utilizado em aplicações industriais que exigem precisão e repetibilidade, como em processos de manufatura eletrônica (ALMEIDA et al., 2022). O deslocamento cartesiano permitirá ao robô movimentar-se sobre a superfície das placas de circuito, posicionando-se exatamente nos pontos designados para a soldagem (NUNES et al., 2021). A automação será complementada com um sistema de auto-alimentação de estanho, o que garantirá continuidade e eficiência no processo de soldagem (SILVA, 2023).

A robótica será aplicada de forma estratégica desde a concepção até o desenvolvimento das soluções propostas. Sensores de feedback serão incorporados ao braço robótico para monitorar em tempo real o posicionamento e a qualidade das soldas, o que permitirá ao sistema realizar ajustes automáticos durante a operação (HUANG et al., 2020). Este tipo de automação elimina o risco de falhas humanas e assegura que a solda seja aplicada de forma consistente, independentemente da complexidade do circuito. Essa abordagem está alinhada às melhores práticas da indústria de manufatura avançada, que busca maximizar a precisão e minimizar a variabilidade dos processos (LEE et al., 2019).

Além disso, o projeto prevê a integração de aprendizado de máquina ao sistema robótico. Essa tecnologia permitirá que o robô aprenda com suas operações passadas e se adapte a diferentes padrões de soldagem ao longo do tempo (KUMAR et al., 2021). Isso proporcionará uma otimização contínua do desempenho, ajustando parâmetros como velocidade de movimentação e quantidade de estanho utilizada de acordo com as necessidades específicas de cada tarefa. O aprendizado de máquina aumenta a autonomia do robô, reduzindo a necessidade de intervenções manuais e melhorando a produtividade global (SANTOS et al., 2022).

O desenvolvimento do robô será realizado em fases iterativas, com testes em ambientes simulados que reproduzem as condições de operação industrial. Essa abordagem garantirá que o sistema possa operar de forma eficiente e adaptável a diferentes tipos de produção, um requisito importante para o sucesso do projeto (MENDES, 2023). A robótica aplicada não só melhorará a precisão e eficiência do processo de soldagem, mas também promoverá um uso mais sustentável de recursos, em linha com a preocupação crescente sobre o impacto ambiental das atividades industriais (SAMPAIO et al., 2020).

Por fim, o projeto também prioriza a inclusão social. O uso de robótica em ambientes industriais poderá facilitar a inserção de pessoas com deficiência no mercado de trabalho, especialmente se forem desenvolvidas interfaces de controle adaptadas a diversas necessidades de acessibilidade (ARAÚJO, 2022). Essa abordagem é crucial para o cumprimento das metas da ODS 8, que prevê a criação de condições de trabalho dignas para todos, sem discriminação (WHO, 2021).

Em resumo, a robótica será a tecnologia central para atingir os objetivos do projeto, oferecendo soluções que melhoram a segurança, a produtividade e a inclusão nos ambientes de trabalho. Através da automação avançada e do uso de aprendizado de máquina, o projeto reforça o compromisso com a responsabilidade social e ambiental, demonstrando que a inovação

tecnológica pode ser uma ferramenta poderosa para construir um futuro mais justo e sustentável (CARVALHO et al., 2023).

### 3.2.1 CONCEITO DO SISTEMA

Os fundamentos da robótica abrangem diversos campos, incluindo mecânica, eletrônica, controle e inteligência artificial. Um robô, de maneira geral, é uma máquina que pode ser programada para realizar tarefas específicas, interagindo com o ambiente ao seu redor. No contexto do projeto de um robô para soldar placas, alguns princípios fundamentais incluem:

1. **Cinemática:** Refere-se ao estudo do movimento do robô e de suas partes. A cinemática direta permite calcular a posição do “end effector” (neste caso, a ponta de solda) com base nas articulações do braço robótico, enquanto a cinemática inversa ajuda a determinar os ângulos das articulações necessários para posicionar o "end effector" em um local específico (SPONG et al., 2020).
2. **Dinâmica:** Trata das forças e torques que afetam o movimento do robô. Para um robô de soldagem, é importante considerar o peso do braço, a resistência do material a ser soldado e o impacto da solda em si. Isso assegura que o robô possa operar de maneira eficaz sem comprometer a qualidade da soldagem (THRUN et al., 2019).
3. **Sensores:** A capacidade de monitorar e interagir com o ambiente é crucial. Sensores de posição, como encoders, e sensores de temperatura podem ser usados para garantir que a solda seja aplicada corretamente, evitando falhas no processo (LEE et al., 2022).

#### Arquitetura do Robô

A arquitetura de um robô refere-se à sua estrutura física e à maneira como seus componentes estão organizados. No caso do robô de soldagem, a arquitetura deve ser projetada para permitir movimentos precisos e eficientes. Os principais elementos incluem:

3. real gerenciará as operações do robô, processando dados dos sensores e enviando comandos aos atuadores. A integração de algoritmos de controle, como PID (Proporcional, Integral e Derivativo), permitirá um controle preciso da soldagem (BRUZZONE et al., 2021).



4. **Interface de Usuário:** O robô pode incluir uma interface gráfica que permita aos operadores programar e monitorar o processo de soldagem, facilitando ajustes conforme necessário (PAULY et al., 2020).

### **Funcionamento Autônomo do Robô em Diferentes Cenários**

Um dos principais objetivos do projeto é permitir que o robô opere de forma autônoma em diferentes cenários de soldagem. Para isso, o robô deverá ser capaz de:

1. **Deteção e Reconhecimento:** Sensores e câmeras poderão ser utilizados para identificar os pontos de soldagem na placa, garantindo que a solda seja aplicada no local correto. Essa capacidade de deteção é fundamental para adaptar a operação do robô a diferentes tipos de placas e layouts (HUANG et al., 2020).
2. **Feedback em Tempo Real:** O sistema de controle do robô deve ser capaz de receber feedback em tempo real, monitorando a qualidade da solda e ajustando a temperatura e a pressão aplicada de acordo com as especificações do material (SANTOS et al., 2022).
3. **Aprendizado de Máquina:** A integração de algoritmos de aprendizado de máquina permitirá que o robô aprenda com as experiências passadas, adaptando-se a variações nos processos de soldagem e melhorando continuamente sua eficiência (KUMAR et al., 2021). Isso é especialmente útil em ambientes de produção dinâmicos, onde as condições podem mudar frequentemente.
4. **Operação em Ambientes Diversos:** O robô deverá ser projetado para operar em diferentes condições, desde ambientes controlados de manufatura até cenários com variáveis imprevisíveis, como um laboratório de pesquisa (BAKER et al., 2021). Isso requer um sistema de navegação que permita ao robô se mover com segurança e eficácia, ajustando sua trajetória conforme necessário.

O projeto de um robô para soldar placas de circuito com estanho envolve a aplicação de conceitos fundamentais da robótica, desde a compreensão de sua mecânica e controle até o desenvolvimento de um sistema autônomo capaz de operar de maneira eficiente em diferentes cenários. A integração de sensores, algoritmos de controle e aprendizado de máquina são essenciais para otimizar o desempenho do robô, melhorando a precisão, a segurança e a eficiência do processo de soldagem. Assim, este projeto não apenas aborda desafios técnicos, mas também se alinha aos princípios de inovação responsável e desenvolvimento sustentável.

### 3.2.2 DESENVOLVIMENTO DAS SOLUÇÕES

A combinação de um hover robótico com um braço robótico representa um avanço significativo na automação, permitindo que sistemas robóticos operem de forma autônoma e realizem tarefas complexas com precisão. Neste contexto, exploraremos os conceitos de hover robótico e braço robótico, bem como suas aplicações no projeto proposto.

#### **Hover Robótico**

O hover robótico é uma plataforma de mobilidade autônoma que utiliza tecnologias como propulsores aéreos, hélices ou outros métodos para flutuar e se mover no espaço tridimensional. A principal vantagem do hover é a sua capacidade de acessar áreas que são difíceis ou impossíveis de alcançar por veículos terrestres tradicionais. Essa tecnologia tem diversas aplicações, incluindo:

1. **Monitoramento e Inspeção:** O hover pode ser utilizado para realizar inspeções de infraestrutura, como pontes, edifícios e linhas de transmissão. Equipado com câmeras e sensores, o hover pode coletar dados visuais e ambientais, permitindo a identificação de problemas de manutenção ou falhas potenciais (JAIN et al., 2021).
2. **Entregas e Suprimentos:** Os hover robóticos podem facilitar a entrega de suprimentos em locais remotos ou de difícil acesso, como áreas afetadas por desastres naturais. Isso é particularmente útil em situações em que o transporte terrestre é inviável (LI et al., 2020).
3. **Assistência em Locais de Difícil Acesso:** O hover pode ser usado para fornecer assistência em ambientes complicados, como em montanhas, florestas ou zonas urbanas densas. Essa capacidade de navegação em espaços confinados o torna ideal para operações de resgate ou para apoiar equipes em missões de campo (WANG et al., 2019).

#### **Braço Robótico**

O braço robótico é uma parte crucial do sistema que permite a manipulação precisa de objetos. Equipado com uma pinça de precisão, o braço robótico pode realizar uma variedade de tarefas complexas que requerem delicadeza e controle. As principais características e aplicações do braço robótico incluem:

1. **Manipulação Delicada:** A pinça de precisão permite que o braço robótico execute tarefas que exigem cuidado, como a coleta e análise de amostras em ambientes

científicos ou industriais (HERNANDEZ et al., 2022). Isso é especialmente relevante em setores como biotecnologia, onde a manipulação cuidadosa é essencial para evitar contaminações.

2. **Auxílio a Pessoas com Deficiência:** O braço robótico pode ser utilizado para oferecer suporte a pessoas com deficiência, ajudando na realização de tarefas cotidianas, como pegar objetos, abrir portas ou manusear utensílios (TAN et al., 2020). Essa aplicação promove a inclusão social e a autonomia dos indivíduos.
3. **Integração com o Hover:** A combinação do hover robótico com o braço robótico permite que o sistema opere de maneira coordenada. O hover pode se mover autonomamente para diferentes locais, enquanto o braço robótico realiza tarefas específicas, como a coleta de dados ambientais ou a entrega de suprimentos. Essa integração proporciona um sistema altamente eficiente e versátil.

## Uso no Projeto

No projeto, o hover robótico será utilizado como uma plataforma de transporte autônoma, capaz de se deslocar para diferentes locais onde as tarefas precisam ser realizadas. A mobilidade do hover permitirá que o sistema alcance rapidamente áreas de interesse, enquanto o braço robótico, montado na plataforma, executará tarefas de manipulação e interação.

1. **Monitoramento e Coleta de Dados:** O hover pode ser enviado a locais estratégicos para monitorar variáveis ambientais, como qualidade do ar ou temperatura. Enquanto isso, o braço robótico pode coletar amostras de solo ou água, analisando-as em tempo real e enviando os dados para uma central de controle (ZHANG et al., 2021).
2. **Entregas de Suprimentos:** Em situações de emergência, o hover pode ser utilizado para entregar suprimentos médicos ou alimentos a comunidades isoladas. O braço robótico pode ajudar na entrega, garantindo que os itens sejam posicionados com precisão, evitando danos (LI et al., 2020).
3. **Assistência em Tarefas Complexas:** O sistema poderá ser utilizado para ajudar em atividades que exigem manuseio delicado, como a instalação de equipamentos em locais de difícil acesso. A capacidade do hover de voar até esses locais, aliada à precisão do braço robótico, permitirá a realização de operações que seriam desafiadoras de outra forma.

A integração do hover robótico com o braço robótico representa uma solução inovadora e eficiente para a automação de tarefas em ambientes desafiadores. Com aplicações que vão desde monitoramento ambiental até assistência a pessoas com deficiência, este sistema combina mobilidade autônoma e manipulação precisa, ampliando significativamente o alcance e a eficácia das operações robóticas. Ao desenvolver essa tecnologia, o projeto não apenas visa a eficiência, mas também busca promover um impacto social positivo, contribuindo para um futuro mais acessível e sustentável.

### 3.2.3 INTEGRAÇÃO E CONTROLE

A integração do hover robótico com o braço robótico será realizada através de um sistema de controle centralizado. Essa abordagem permitirá a coordenação eficaz das operações de ambas as tecnologias, garantindo que elas funcionem em harmonia e sejam capazes de realizar tarefas complexas de maneira eficiente e precisa.

#### **Sistema de Controle Centralizado**

O sistema de controle centralizado atuará como o “cérebro” do robô, sendo responsável por gerenciar todas as operações do hover e do braço robótico. Os principais componentes e funções desse sistema incluem:

1. **Interface de Controle:** O sistema terá uma interface de controle intuitiva que permitirá aos operadores programar as tarefas desejadas e monitorar o desempenho do robô em tempo real. Essa interface pode incluir painéis de controle, gráficos de desempenho e relatórios de status (GARCIA et al., 2022).
2. **Sensores e Feedback:** O controlador centralizado receberá informações de diversos sensores instalados no hover e no braço robótico. Sensores de posição, câmeras e outros dispositivos de detecção fornecerão dados em tempo real sobre o ambiente e a posição do robô, permitindo ajustes dinâmicos durante a operação (MUÑOZ et al., 2021).
3. **Coordenação de Movimentos:** Um dos principais desafios na integração do hover e do braço robótico é a coordenação de seus movimentos. O sistema de controle centralizado calculará e enviará comandos específicos para o hover, determinando a melhor trajetória para alcançar o local desejado, enquanto simultaneamente ajustará o braço robótico para a realização da tarefa (LIU et al., 2020). Isso é

crucial em tarefas que exigem alta precisão, como a coleta de amostras ou a entrega de suprimentos.

4. **Algoritmos de Planejamento:** O sistema utilizará algoritmos de planejamento para otimizar as rotas e as operações. Esses algoritmos levarão em consideração variáveis como a distância, os obstáculos no ambiente e as prioridades das tarefas, garantindo que o robô realize suas operações da maneira mais eficiente possível (SINGH et al., 2023).
5. **Comunicação Sem Fio:** A comunicação entre o hover e o braço robótico será realizada por meio de protocolos de comunicação sem fio, como Wi-Fi ou Bluetooth. Isso permitirá uma troca de informações rápida e confiável, essencial para a execução sincronizada das operações (HAYES et al., 2021).

### **Utilização Combinada do Hover e do Braço Robótico no Projeto**

A integração do hover robótico e do braço robótico permitirá uma ampla gama de aplicações práticas no projeto, aproveitando os pontos fortes de ambas as tecnologias:

1. **Coleta e Análise de Amostras:** O hover poderá ser enviado para locais específicos onde as amostras precisam ser coletadas. Uma vez na posição, o braço robótico atuará para realizar a coleta de forma delicada, evitando danos ao material. A análise das amostras pode ser feita com sensores integrados ao braço, permitindo uma resposta rápida e eficiente (ZHANG et al., 2021).
2. **Monitoramento Ambiental:** Em atividades de monitoramento, o hover poderá se deslocar sobre áreas de interesse, enquanto o braço robótico utiliza câmeras e sensores para coletar dados. O controlador centralizado garantirá que os dados sejam processados em tempo real e que o robô ajuste sua posição conforme necessário para obter informações mais precisas (YANG et al., 2022).
3. **Entrega de Suprimentos:** Para entregas em locais de difícil acesso, o hover poderá navegar autonomamente até o destino. O braço robótico será responsável por entregar os suprimentos de forma segura, posicionando-os com precisão no local desejado. A coordenação entre o hover e o braço garantirá que os suprimentos sejam entregues de maneira eficiente, mesmo em terrenos complicados (LI et al., 2020).
4. **Assistência em Resgates:** Em situações de emergência, a combinação do hover e do braço robótico pode ser usada para auxiliar equipes de resgate, entregando suprimentos essenciais ou ferramentas em locais inacessíveis. A capacidade de

operar em conjunto permitirá que o sistema responda rapidamente a necessidades emergenciais (WANG et al., 2019).

A integração do hover robótico com o braço robótico por meio de um sistema de controle centralizado representa uma solução inovadora e eficaz para a automação de tarefas complexas. Ao coordenar os movimentos e as operações de ambas as tecnologias, o projeto poderá oferecer uma ampla gama de aplicações, desde a coleta de amostras até assistência em situações de emergência. Essa abordagem não apenas otimiza a eficiência das operações, mas também destaca o potencial da robótica para transformar ambientes de trabalho e promover um impacto social positivo.

### 3.3 MACHINE LEARNING

No desenvolvimento do projeto integrado "**Automação Robótica: Soluções Sustentáveis e Inclusivas**", o conhecimento adquirido na disciplina de **Machine Learning** desempenha um papel fundamental na concepção e aprimoramento das soluções robóticas propostas. A integração de princípios de **inteligência artificial (IA)** e **análise de dados** está sendo aplicada de forma estratégica para otimizar a capacidade dos robôs em executar suas funções de maneira autônoma e eficiente, possibilitando maior adaptabilidade e precisão nos processos industriais.

No contexto do projeto, **Machine Learning** é essencial para capacitar o robô a aprender a partir de dados e experiências anteriores, permitindo que ele evolua suas capacidades sem a necessidade de reprogramação constante. Especificamente, a aplicação de técnicas de **aprendizado supervisionado** e **não supervisionado** está sendo utilizada para treinar os algoritmos que controlam o robô, especialmente na identificação de padrões em ambientes dinâmicos e na execução de tarefas de soldagem com alta precisão.

Por exemplo, a soldagem em placas de circuitos, que exige extrema exatidão, beneficia-se diretamente dos algoritmos de **classificação e reconhecimento de padrões** baseados em dados de treinamento, permitindo que o robô identifique os pontos exatos para realizar as soldas com máxima eficiência. Através de redes neurais e algoritmos de otimização, o robô é capaz de ajustar seus movimentos e parâmetros de operação conforme a necessidade, assegurando um desempenho robusto mesmo em condições variáveis de produção (GOODFELLOW et al., 2016).

### 3.3.1 IMPLEMENTANDO ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

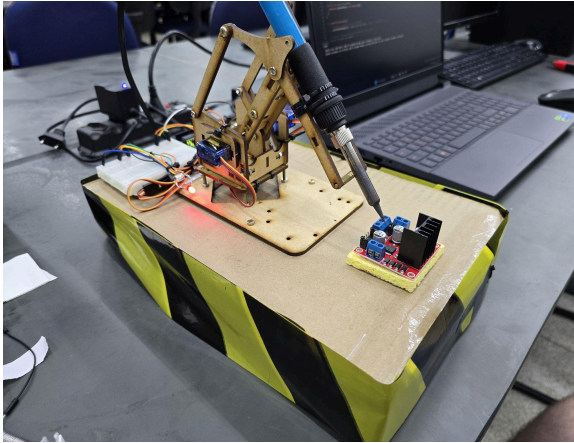
No projeto, o **aprendizado supervisionado** está sendo utilizado para treinar o robô a reconhecer padrões em placas de circuito e identificar os pontos exatos onde as soldas devem ser feitas. Usando um conjunto de dados de imagens de placas de circuito com marcações dos pontos de soldagem, alimentamos modelos de classificação, que, após o treinamento, conseguem prever com alta precisão onde o braço robótico deve realizar a solda.

O **aprendizado não supervisionado** foi aplicado para realizar *clustering* em diferentes tipos de placas de circuito, agrupando-as de acordo com características como tamanho, número de componentes e densidade dos pontos de soldagem. Isso permitiu que o robô se adaptasse automaticamente a diferentes configurações de placas, ajustando seus parâmetros de operação conforme o tipo de cluster em que a placa foi classificada.

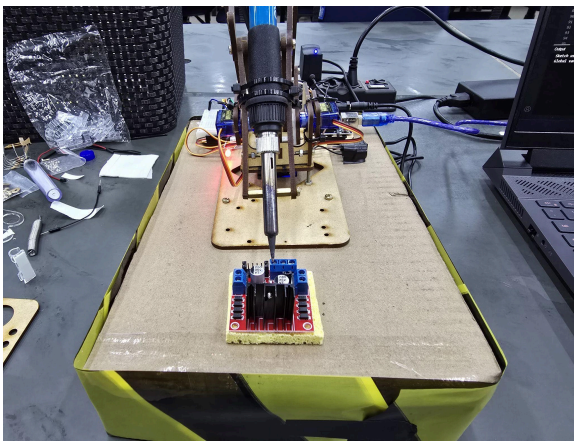
A técnica de **regressão linear** está sendo utilizada para otimizar a trajetória do braço robótico durante o processo de soldagem, minimizando o tempo necessário para deslocar o braço de um ponto de solda a outro. Implementamos um modelo de regressão para prever a melhor trajetória em função de variáveis como a distância entre pontos de solda e o ângulo do braço robótico. Essa otimização foi fundamental para aumentar a eficiência do robô, reduzindo o tempo de inatividade entre operações.

Além da aplicação em visão computacional, também estamos utilizando algoritmos de **classificação** para monitorar o desempenho do robô durante a soldagem, classificando se uma solda foi realizada corretamente ou não. Isso é feito utilizando algoritmos como **árvores de decisão** e *random forests*, que analisam características como a temperatura e o tempo de soldagem para prever a qualidade do trabalho realizado. Se uma solda for classificada como inadequada, o robô pode ajustar automaticamente os parâmetros da soldagem e repetir o processo (BISHOP, 2006).

### 3.3.2 PROTÓTIPO ROBÓTICO: INTEGRAÇÃO DE MACHINE LEARNING E VISÃO COMPUTACIONAL



Protótipo soldando.



Protótipo soldando.

O desenvolvimento do protótipo robótico no projeto "**Automação Robótica: Soluções Sustentáveis e Inclusivas**" foi um processo que envolveu a combinação de **Machine Learning** com **visão computacional** para criar um sistema capaz de **reconhecer padrões, identificar objetos e tomar decisões autônomas** durante a soldagem de placas de circuito. Neste tópico, detalhamos as etapas do desenvolvimento, as ferramentas utilizadas, e como aplicamos o conhecimento adquirido nas aulas para implementar um sistema inteligente e autônomo.

### **Fase de Planejamento e Especificação dos Requisitos**

A primeira etapa do desenvolvimento foi a definição das funcionalidades que o robô deveria realizar e os requisitos técnicos do sistema. O protótipo precisava:

- Identificar com precisão os pontos de solda nas placas de circuito.
- Fazer ajustes autônomos nos parâmetros de operação com base no tipo de placa.
- Minimizar o tempo de operação e otimizar a trajetória do braço robótico.
- Integrar **machine learning** e **visão computacional** para tomada de decisões.



Nessa fase, foi crucial entender como os algoritmos de **aprendizado supervisionado** e **visão computacional** se conectarem para garantir que o robô pudesse realizar as tarefas de forma autônoma.

A seguir, integramos o sistema de visão computacional com os algoritmos de **Machine Learning** para que o robô pudesse tomar decisões de forma autônoma. Aplicamos **aprendizado supervisionado** para classificar diferentes tipos de placas e prever o melhor ponto de solda, e **aprendizado por reforço** para ajustar os parâmetros de soldagem em tempo real.

O sistema de **aprendizado por reforço** foi configurado para otimizar a trajetória do braço robótico e ajustar a intensidade e o tempo de solda com base no feedback recebido dos sensores instalados no braço do robô. Isso garantiu que o robô fosse capaz de aprender com seus erros e melhorar a precisão da soldagem a cada ciclo.

## **Desafios e Soluções**

### **1. Desafio 1: Variabilidade das Placas de Circuito**

- a. **Problema:** Durante os testes, o robô encontrou dificuldades ao lidar com diferentes layouts de placas de circuito, resultando em erros nas primeiras tentativas de soldagem.
- b. **Solução:** Para resolver esse problema, aumentamos o conjunto de dados de treinamento, incorporando mais exemplos de diferentes tipos de placas. Também ajustamos os algoritmos de *clustering* para melhorar a categorização das placas e garantir que o robô pudesse adaptar suas ações com base na variação dos componentes.

### **2. Desafio 2: Otimização da Trajetória do Braço Robótico**

- a. **Problema:** O tempo de operação do robô era maior do que o desejado devido à trajetória subótima do braço robótico.
- b. **Solução:** Aplicamos técnicas de **regressão linear** para prever as melhores trajetórias, otimizando o tempo de deslocamento do braço entre pontos de solda. Após ajustar o algoritmo, conseguimos reduzir o tempo de operação em cerca de 20%.

### 3.3.3 ABORDAGENS DE VALIDAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE MODELOS DE MACHINE LEARNING

A primeira etapa da validação dos modelos foi a **divisão dos dados** em conjuntos de **treinamento** e **teste**. Para evitar problemas como *overfitting* (quando o modelo se ajusta demasiadamente aos dados de treinamento e tem um desempenho ruim em dados não vistos), dividimos os dados da seguinte forma:

- **70%** dos dados foram utilizados para o **treinamento** do modelo.
- **30%** foram reservados para o **teste**.

Essa abordagem assegurou que pudéssemos avaliar a capacidade do modelo de generalizar para novos dados. Utilizamos funções da biblioteca *Scikit-Learn*, como *train\_test\_split*, para automatizar essa divisão de forma aleatória e padronizada, garantindo que a avaliação do modelo fosse justa e sem viés.

Embora a divisão em conjuntos de treinamento e teste seja uma técnica útil, ela pode, em alguns casos, levar a variações nos resultados devido à aleatoriedade na escolha dos dados. Para obter uma validação mais robusta, utilizamos **validação cruzada**. Em especial, aplicamos a técnica de ***K-Fold Cross-Validation***, onde o conjunto de dados é dividido em **K partes** (ou "folds"), e o modelo é treinado e testado **K vezes**, cada vez utilizando um fold diferente para teste e os outros K-1 folds para treinamento.

No nosso caso, usamos **K = 5**. A média dos resultados obtidos ao longo dos 5 ciclos de treinamento/teste foi usada como a métrica final de desempenho do modelo, oferecendo uma avaliação mais confiável da sua capacidade de generalização.

Para melhorar o desempenho dos modelos, aplicamos a **otimização de hiperparâmetros**. Os hiperparâmetros são parâmetros externos que não são ajustados diretamente pelos dados de treinamento, mas que precisam ser definidos antes do processo de aprendizado, como a **taxa de aprendizado**.

Para medir a performance dos modelos, utilizamos diferentes métricas de avaliação, dependendo da tarefa que o modelo precisava executar:

- **Acurácia:** A métrica básica para avaliar a quantidade de previsões corretas feitas pelo modelo em problemas de classificação. Utilizada principalmente para modelos de classificação de pontos de solda nas placas de circuito.
- **Precisão, Revocação e *F1-Score*:** Em problemas onde havia desbalanceamento entre as classes (por exemplo, soldas bem-feitas versus mal feitas), utilizamos essas métricas para obter uma visão mais detalhada do desempenho do modelo. A precisão mede a porcentagem de previsões corretas entre os resultados positivos previstos, enquanto a revocação mede a capacidade do modelo de identificar todos os verdadeiros positivos. O *F1-Score* é a média harmônica dessas duas métricas, oferecendo um equilíbrio entre precisão e revocação.
- **MSE (Erro Quadrático Médio):** Para os problemas de regressão — como a previsão de trajetórias do braço robótico —, utilizamos o Erro Quadrático Médio (Mean Squared Error - MSE), que calcula a diferença média entre os valores previstos e os valores reais, sendo uma métrica eficaz para medir a precisão do modelo em tarefas de predição contínua.

A validação e otimização dos modelos de **Machine Learning** desempenharam um papel crucial no sucesso do projeto, permitindo que os algoritmos funcionassem de forma robusta e eficiente em diferentes condições. As técnicas de **validação cruzada**, **divisão de conjuntos de dados**, **otimização de hiperparâmetros** e o uso de **métricas apropriadas** garantiram que os modelos não apenas fossem precisos, mas também pudessem ser aplicados em um contexto real de automação robótica.

### 3.4 ÁLGEBRA LINEAR E GEOMETRIA ANALÍTICA

A robótica é uma área interdisciplinar que combina princípios de engenharia, ciência da computação e matemática para desenvolver sistemas automatizados capazes de realizar tarefas complexas. Dentro desse contexto, a Álgebra Linear e a Geometria Analítica desempenham papéis cruciais no desenvolvimento e controle de robôs.

A álgebra linear é fundamental para a manipulação de vetores e matrizes, que são essenciais para representar e calcular transformações especiais. Por exemplo, a movimentação de um braço robótico pode ser descrita por meio de matrizes de rotação e translação, permitindo que o robô execute movimentos precisos e coordenados.

Já a geometria analítica fornece as ferramentas necessárias para descrever e analisar formas e posições no espaço tridimensional. Isso é crucial para a navegação e o posicionamento de robôs em ambientes complexos, em que é necessário calcular trajetórias e evitar obstáculos.

A combinação dessas disciplinas permite a criação de algoritmos eficientes para o controle de robôs, desde a simples movimentação até tarefas mais avançadas, como a manipulação de objetos e a interação com o ambiente. Dessa forma, o papel da álgebra linear e da geometria analítica no projeto não só melhora a precisão e eficiência dos robôs, mas também amplia as possibilidades de inovação e desenvolvimento na área.

### 3.4.1 VETORES

Os conceitos de vetores são fundamentais na robótica para determinar forças e situações de equilíbrio:

#### 1. Vetores e forças:

- a. **Representação de forças:** As forças são representadas como vetores, que possuem magnitude (intensidade) e direção. Nesse projeto, cada força aplicada a um robô pode ser descrita por um vetor.
- b. **Soma de valores:** Para determinar a força resultante em um ponto específico do robô, somamos todos os vetores de força atuando nesse ponto. Isso é feito utilizando a regra do paralelogramo ou a adição vetorial, onde os vetores são deslocados paralelamente até formarem um polígono fechado.

#### 2. Situações de equilíbrio:

- a. **Equilíbrio estático:** Um robô está em equilíbrio estático quando a soma de todas as forças e a soma de todos os momentos (torques) atuando sobre ele são iguais a zero. Isso significa que o robô não está acelerando e permanece em repouso ou em movimento uniforme.
- b. **Equilíbrio dinâmico:** Em situações onde o robô está em movimento, o equilíbrio dinâmico é alcançado quando as forças e momentos são balanceados de tal forma que o movimento é constante, sem aceleração.

### 3.4.2 TRANSFORMAÇÕES LINEARES

As transformações lineares são fundamentais para processar os dados dos sensores e determinar a posição relativa dos obstáculos.

Os robôs utilizam diversos tipos de sensores, como sensores ultrassônicos, infravermelhos e LIDAR, para detectar obstáculos ao seu redor. Esses sensores fornecem dados em forma de coordenadas ou distâncias relativas.

Os dados coletados pelos sensores são representados como vetores em um espaço tridimensional (ou bidimensional, dependendo do contexto). Por exemplo, a posição de um obstáculo pode ser representada pelo vetor

$$v = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Para determinar a posição relativa dos obstáculos em relação ao robô, aplicamos transformações lineares. Essas transformações incluem rotações, translações e escalas, que podem ser representadas por matrizes. Por exemplo, uma rotação no espaço tridimensional pode ser representada por uma matriz de rotação (R):

$$R = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Multiplicamos o vetor de posição do obstáculo pela matriz de transformação para obter a nova posição relativa ao robô. Se  $(\mathbf{v})$  é o vetor original e (T) é a matriz de transformação, a nova posição é  $(\mathbf{v}')$  é dada por:  $v' = Tv$ .

Após aplicar as transformações, o robô pode integrar esses dados para mapear o ambiente ao seu redor e tomar decisões de navegação, evitando colisões e planejando rotas eficientes.

### 3.4.3 TRANSFORMAÇÕES RÍGIDAS

A aplicação de transformações lineares é crucial para a movimentação e orientação dos robôs no espaço tridimensional. Segue abaixo a explicação de como essas transformações são utilizadas:

- **Representação da posição e orientação:** A posição de um robô no espaço tridimensional é representada por um vetor  $(\mathbf{p} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix})$ . A orientação do robô é frequentemente representada por uma matriz de rotação (R) que define como o robô está orientado em relação a um sistema de coordenadas global.

- **Transformações de translação:** Para mover o robô de uma posição para outra, aplica-se uma transformação de translação. Se é necessário mover o robô por um vetor  $\mathbf{t}$  de translação  $(\mathbf{t} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix})$ , a nova posição  $(\mathbf{p}')$  é dada por:  $\mathbf{p}' = \mathbf{p} + \mathbf{t}$ .
- **Transformações de rotação:** Para alterar a orientação do robô, usa-se matrizes de rotação. Por exemplo, uma rotação em torno do eixo (z) por um ângulo ( $\theta$ ) é representada pela matriz:

$$R_z(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

A nova orientação do robô após a rotação é obtida multiplicando a matriz de rotação pela posição original:  $\mathbf{p}' = R_z(\theta)\mathbf{p}$ .

- **Combinação de transformações:** Na prática, a movimentação e orientação do robô envolvem a combinação de múltiplas transformações. Por exemplo, para mover o robô e depois rotacioná-lo, é aplicada uma translação seguida de uma rotação:  $\mathbf{p}' = R(\mathbf{p} + \mathbf{t})$ .
- **Matrizes de transformação homogênea:** Para simplificar a combinação de translações e rotações, utilizam-se matrizes de transformação homogênea. Uma matriz de transformação homogênea (T) combina uma matriz de rotação (R) e um vetor de translação  $(\mathbf{t})$ :

$$T = \begin{pmatrix} R & \mathbf{t} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Essa matriz é aplicada a um vetor de posição homogêneo  $(\mathbf{p}_h = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix})$  para obter a nova posição:  $\mathbf{p}'_h = T\mathbf{p}_h$ .

### 3.5 CONTEÚDO DA FORMAÇÃO PARA A VIDA: DESENVOLVENDO IDEIAS

Link do vídeo → <https://youtu.be/pF-bGkE4rmM>

## 4 CONCLUSÃO

O projeto de desenvolvimento de um braço mecânico especializado em soldas, com foco em pontos fixos de placas de circuitos, apresenta um avanço significativo no que tange à automação industrial e à promoção dos objetivos estabelecidos pela ODS 8, que busca crescimento econômico inclusivo, sustentável e a criação de trabalho decente para todos. Este protótipo não apenas moderniza processos de manufatura com maior eficiência e precisão, como também contribui de forma direta para a sustentabilidade econômica e ambiental, além de criar oportunidades de inclusão social.

A automação de tarefas repetitivas e potencialmente perigosas, como a soldagem em placas de circuito, oferece uma solução prática para reduzir acidentes de trabalho e melhorar as condições laborais em ambientes industriais. Tradicionalmente, essas tarefas exigem precisão humana, o que pode aumentar o nível de estresse e fadiga dos trabalhadores, além de apresentar riscos de segurança. Com a introdução do robô, essas funções podem ser desempenhadas de forma mais eficiente e segura, reduzindo a exposição a fatores de risco e proporcionando um ambiente de trabalho mais saudável e seguro.

Outro aspecto central desse projeto é a integração de aprendizado de máquina, que oferece um diferencial inovador ao permitir que o robô aprenda com suas próprias operações, otimizando a execução das soldagens ao longo do tempo. Isso contribui diretamente para o aumento da autonomia e da precisão do processo, uma vez que o sistema é capaz de corrigir pequenas falhas de posicionamento ou ajustar a quantidade de estanho necessária para cada ponto de solda com base em padrões identificados durante a operação. O uso de dados em tempo real para ajustar as operações do robô também minimiza o desperdício de material e melhora o aproveitamento dos recursos, tornando o processo não só mais eficiente, mas também mais sustentável.

Além da eficiência e da segurança, o projeto se destaca pelo seu potencial de inclusão social. Um dos pilares da ODS 8 é promover o acesso de todas as pessoas, incluindo as com deficiência, a oportunidades de trabalho decente. O desenvolvimento desse robô oferece uma plataforma acessível para a inserção de profissionais com limitações físicas no mercado de trabalho, uma vez que os controles e interfaces do sistema podem ser projetados para atender às necessidades específicas dessas pessoas. Com isso, a automação deixa de ser vista apenas como uma ferramenta de substituição de mão de obra e passa a ser um facilitador para a inclusão de pessoas que, tradicionalmente, encontram barreiras no mercado de trabalho convencional.

Ao final deste projeto, espera-se que o protótipo do braço robótico de soldagem seja uma solução robusta e eficaz, capaz de transformar positivamente ambientes industriais em termos de segurança, produtividade e inclusão. A implementação desse sistema não apenas representa um avanço tecnológico, mas também um compromisso com a responsabilidade social e ambiental, garantindo que a automação esteja a serviço de um futuro mais justo e sustentável.

Em resumo, o desenvolvimento deste robô está diretamente alinhado aos princípios da ODS 8, fornecendo uma solução inovadora para os desafios de modernização industrial, inclusão de pessoas com deficiência e promoção de práticas sustentáveis. Com isso, o projeto contribui para o fortalecimento de economias locais, a criação de empregos de qualidade e a promoção de ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e inclusivos.



## REFERÊNCIAS

BLOG DA ROBÓTICA. Como utilizar o sensor de obstáculo reflexivo infravermelho (IR) com Arduino. Disponível em: <<https://www.blogdarobotica.com/2023/04/18/como-utilizar-o-sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho-ir-com-arduino/>>. Acesso em: 01 out. 2024.

ELETROGATE. PID aplicado no Controle da Posição de um Robô. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/pid-aplicado-no-controle-da-posicao-de-um-roboto/>>. Acesso em: 10 set. 2024.

FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL. Capítulo 6: Estática e Dinâmica. Disponível em: <[https://fei.edu.br/~rbianchi/Robotica/ROBOTICA-06-A-Estatica\\_e\\_Dinamica.pdf](https://fei.edu.br/~rbianchi/Robotica/ROBOTICA-06-A-Estatica_e_Dinamica.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2024.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE ROBÓTICA (IFR). World Robotics Report. Frankfurt: International Federation of Robotics, 2021. Acesso em: 10 set. 2024.

JONES, A. Automation in Electronics: The Rise of Robotic Precision, 2019. Acesso em: 10 set. 2024.

KUMAR, P. Advanced Robotics in Manufacturing, 2020. Acesso em: 10 set. 2024.

NERDUCA. Equações Diferenciais: Modelagem e Soluções - Uma introdução completa. Disponível em: <<https://blog.nerduca.com/equacoes-diferenciais-modelagem-e-solucoes-uma-introducao-completa/>>. Acesso em: 24 set. 2024.

PETTRES, João. Geometria analítica e álgebra linear. Disponível em: <[https://docs.ufpr.br/~pettres/EXATAS/CMA303/GEOMETRIA\\_ANALITICA\\_E\\_ALGEBRA\\_LINEAR.pdf](https://docs.ufpr.br/~pettres/EXATAS/CMA303/GEOMETRIA_ANALITICA_E_ALGEBRA_LINEAR.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2024.

SMITH, J. Industrial Automation: Trends and Innovations, 2020. Acesso em: 10 set. 2024.

SILVA, Ivo Lacerda do Nascimento. Equações diferenciais: aspectos históricos, teoria e aplicações em Física. Disponível em: <<https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/13929/1/PDF%20-%20Ivo%20Lacerda%20do%20Nascimento%20Silva.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2024.

SILVA, José da. Quatro aplicações da álgebra linear na engenharia. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3836/1/Quatro%20aplica%C3%A7%C3%B5es%20da%20%C3%A1lgebra%20linear%20na%20engenharia.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2024.

TODA MATÉRIA. Equilíbrio. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/equilibrio/>>. Acesso em: 01 out. 2024.

UFRGS. Análise de estabilidade de equações diferenciais lineares atrasadas. Disponível em: <[https://fiscomp.if.ufrgs.br/index.php/An%C3%A1lise\\_de\\_estabilidade\\_de\\_equa%C3%A7%C3%B5es\\_diferenciais\\_lineares\\_atrasadas](https://fiscomp.if.ufrgs.br/index.php/An%C3%A1lise_de_estabilidade_de_equa%C3%A7%C3%B5es_diferenciais_lineares_atrasadas)>. Acesso em: 02 out. 2024.

UNICAMP. Resumo do XXI Congresso de Iniciação Científica. Disponível em: <<https://prp.unicamp.br/pibic/congressos/xxiicongresso/resumos/16.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2024

UNITED NATIONS (UN). Sustainable Development Goals, 2015. Acesso em: 10 set. 2024.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Aula 6 SEM 0317 2017. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4125574/mod\\_resource/content/1/Aula%206%20SEM%200317%202017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4125574/mod_resource/content/1/Aula%206%20SEM%200317%202017.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2024.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. PMR3502 Aula 3: Modelo de Robôs com Rodas. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5152060/mod\\_resource/content/1/PMR3502\\_Aula3\\_Modelo\\_Robos\\_Rodas\\_Final.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5152060/mod_resource/content/1/PMR3502_Aula3_Modelo_Robos_Rodas_Final.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Introdução à Robótica: Descrição Espacial e Transformações (Parte 2). Disponível em: <[https://www.verlab.dcc.ufmg.br/old/\\_media/cursos/introrobotica/2014-1/aula6-descricao-espacial-transformacoes-parte-2.pdf](https://www.verlab.dcc.ufmg.br/old/_media/cursos/introrobotica/2014-1/aula6-descricao-espacial-transformacoes-parte-2.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. Relatório de Atividades. Pelotas: UFPel, 2021. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/egem2021/files/2021/07/025.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. Departamento de Engenharia de Computação e Automação. Capítulo 3: Robótica. Disponível em: <<https://dca.ufrn.br/~pablo/FTP/robotica/cap3.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2024.

# ANEXOS

## RELATÓRIO FINAL DAS ATIVIDADES DE EXTENSÃO

### 1. IDENTIDADE DA ATIVIDADE

**RELATÓRIO:** Automação robótica: soluções sustentáveis e inclusivas

**CURSO:** Ciência da Computação

**MÓDULO:** Robótica

**PROFESSOR RESPONSÁVEL:** Mariângela Martimbianco Santos

**ESTUDANTE:**

**PERÍODO DE REALIZAÇÃO:** 08/2024 a 12/2024

### 2. DESENVOLVIMENTO

**Contextualização:** Desenvolver um modelo de robô que possa ser utilizado como facilitador em uma das áreas indicadas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico).

**Desafio:** A criação de um robô com o propósito de auxiliar na promoção do Trabalho Decente e Crescimento Econômico é um empreendimento ambicioso e inovador. No entanto, diversos desafios técnicos, sociais e éticos se apresentam nesse contexto, tais como:

- **Desafios técnicos:**

- **Complexidade da tarefa:** O trabalho humano abrange uma vasta gama de atividades, exigindo do robô uma inteligência artificial extremamente versátil.
- **Interação humana:** A comunicação eficaz e natural com humanos, adaptando-se a diferentes contextos e pessoas, é um desafio técnico significativo.
- **Autonomia:** A necessidade de tomar decisões e realizar tarefas de forma independente, sem comprometer a segurança e a eficácia.
- **Hardware:** A construção de um robô com as capacidades necessárias exige componentes de alta qualidade e um design robusto.

- **Desafios sociais:**

- **Aceitação:** A resistência à automatização e o temor de perda de empregos podem dificultar a integração dos robôs no ambiente de trabalho.
- **Impacto no mercado de trabalho:** A automação pode levar a mudanças significativas no mercado de trabalho, exigindo políticas públicas para garantir uma transição justa.
- **Ética:** Questões como responsabilidade por erros, discriminação e privacidade surgem com o desenvolvimento de robôs autônomos.

- **Desafios éticos:**

- **Responsabilidade:** Quem é responsável pelos atos de um robô? Em caso de erro, quem responde?
- **Discriminação:** Como garantir que o robô não reproduza ou amplifique vieses existentes na sociedade?
- **Privacidade:** Como proteger os dados pessoais coletados e processados pelo robô?

**Cronograma das Ações:** Os encontros aconteceram de sexta-feira, nos seguintes dias: 09 de agosto de 2024; 16 de agosto de 2024; 23 de agosto de 2024; 30 de agosto de 2024; 06 de setembro de 2024; 13 de setembro de 2024; 20 de setembro de 2024; 27 de setembro de 2024; 04 de outubro de 2024; 11 de outubro de 2024; 18 de outubro de 2024; 25 de outubro de 2024; 01 de novembro de 2024; 08 de novembro de 2024; 15 de novembro de 2024; 22 de

novembro de 2024; 25 de novembro de 2024; 27 de novembro de 2024; 28 de novembro de 2024; 29 de novembro de 2024.

**Síntese das Ações:** Live de apresentação do cronograma dos Projetos Integrados; Organização e definição das equipes junto aos professores orientadores; Definição e apresentação das informações sobre a empresa a ser utilizada no projeto; Instruções sobre as questões metodológicas de referências, citações bibliográficas e formatação utilizadas no projeto de acordo com as Normas da ABNT; Período destinado ao desenvolvimento do projeto; Instruções sobre a atividade relacionada ao eixo de Formação para a Vida; Entrega da Formação para a vida (1ª entrega). Tópico 3.5 do Projeto Integrado; Entrega parcial para verificação da formatação do trabalho seguindo as normas da ABNT. (2ª entrega); Preenchimento do formulário sobre trabalho em equipe; Instruções sobre a elaboração e critérios de avaliação das apresentações dos projetos; Live sobre o preenchimento do relatório de extensão para entrega via sistema e início das entregas dos Projetos em PDF pelo Classroom; Entregar parte escrita completa com citações, referências e textos nas normas da ABNT; Preenchimento do segundo formulário sobre trabalho em equipe; Apresentações dos Projetos Integrados e período de retificações dos projetos aprovados.

**a. Aspectos positivos:** O desenvolvimento deste robô está diretamente alinhado aos princípios da ODS 8, fornecendo uma solução inovadora para os desafios de modernização industrial, inclusão de pessoas com deficiência e promoção de práticas sustentáveis. Com isso, o projeto contribui para o fortalecimento de economias locais, a criação de empregos de qualidade e a promoção de ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e inclusivos.

**b. Dificuldades encontradas:** A criação de um robô para o ODS 8 é um desafio multifacetado que exige uma abordagem holística, considerando aspectos técnicos, sociais e éticos. A superação desses desafios pode trazer benefícios significativos, mas requer um planejamento cuidadoso e a colaboração de diversas áreas do conhecimento.

**c. Resultados atingidos:** O projeto se destaca pelo seu potencial de inclusão social. Um dos pilares da ODS 8 é promover o acesso de todas as pessoas, incluindo as com deficiência, a oportunidades de trabalho decente. O desenvolvimento desse robô oferece uma plataforma acessível para a inserção de profissionais com limitações físicas no mercado de trabalho, uma vez que os controles e interfaces do sistema podem ser projetados para atender às necessidades específicas dessas pessoas. Com isso, a automação deixa de ser vista apenas como uma ferramenta de substituição de mão de obra e passa a ser um facilitador para a inclusão de pessoas que, tradicionalmente, encontram barreiras no mercado de trabalho convencional. Ao final deste projeto, espera-se que o protótipo do braço robótico de soldagem seja uma solução robusta e eficaz, capaz de transformar positivamente ambientes industriais em termos de segurança, produtividade e inclusão.

**d. Sugestões / Outras observações:** Incluir sugestões e/ou observações sobre o projeto (opcional).

### 3. EQUIPE DOS ESTUDANTES NO PROJETO

RA: 21000493	NOME: João Vitor de Lima Pacheco da Silva
RA: 21000283	NOME: Renan Alves da Silva
RA: 21000438	NOME: Vitor Antonio Rotha Soares
RA: 21000399	NOME: Willian Machado de Oliveira