

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MARTIN LUTHER KING**  
**ENSINO TÉCNICO DE MECATRÔNICA INTEGRADO AO MÉDIO - ETIM**

**VEÍCULO AUTÔNOMO GUIADO**

**SÃO PAULO**  
**2º SEMESTRE DE 2023**

Isabelle Fernandes de Santana

**VEÍCULO AUTÔNOMO GUIADO**  
**ENSINO TÉCNICO DE MECATRÔNICA INTEGRADO AO MÉDIO - ETIM**

Monografia apresentada à banca examinadora do Curso Técnico de Mecatrônica Integrado ao Médio da ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MARTIN LUTHER KING, como requisito parcial a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

**Orientador:** Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

**SÃO PAULO**  
**2º SEMESTRE DE 2023**

## **EQUIPE TÉCNICA**

Guilherme Alves Ramos

Helen Eliane Oliveira Santos

Isabelle Fernandes de Santana

Matheus Lopes da Silva

Nathalia Pereira Casseiro

Nickolly Kimberlly dos Santos

Pedro Henrique Rodrigues Prazeres

CASSEMIRO, Nathalia Pereira; PRAZERES, Pedro Henrique Rodrigues; RAMOS, Guilherme Alves; SANTANA, Isabelle Fernandes de; SANTOS, Helen Eliane Oliveira; SANTOS, Nickolly Kimberly dos; SILVA, Matheus Lopes da.

Monografia apresentada à banca examinadora do Curso Técnico de Mecatrônica Integrado ao Médio da ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MARTIN LUTHER KING, como requisito parcial a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

**Orientador:** Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

Aprovado em: 13.12.2023

Orientador: Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

Assinatura: \_\_\_\_\_



Banca Examinadora

Professor: \_\_\_\_\_

VAENER SARTI

Assinatura: \_\_\_\_\_



Professor: \_\_\_\_\_

ADILSON L. PEREIRA

Assinatura: \_\_\_\_\_



Professor: \_\_\_\_\_

ITAMAR ERNANDES

Assinatura: \_\_\_\_\_



## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho a Deus; sem Ele não teríamos capacidade para desenvolvê-lo.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que nossos objetivos fossem alcançados, durante todos os nossos anos de estudo e, em especial, por ter permitido que tivéssemos saúde e determinação para não desanimarmos durante a realização deste trabalho.

Gostaríamos também de estender nosso agradecimento aos nossos familiares, cujo apoio incondicional foi um alicerce vital em cada etapa deste percurso. Em particular, queremos expressar nossa profunda gratidão ao Sr. Fabiano Ramos, pai do Guilherme Ramos, por sua influência direta e apoio inestimável na construção deste projeto. Sua orientação foi essencial para concretização deste trabalho.

A todos aqueles, cujo apoio foi um constante incentivo, agradecemos por estarem ao nosso lado, oferecendo suporte e compreensão nos momentos desafiadores. Seus estímulos e palavras de ânimo foram fundamentais para nossa perseverança.

A todos, nossos sinceros agradecimentos.

“O choro pode durar uma noite, mas a alegria vem pela manhã.”

**Salmos 30:5**

## RESUMO

Este projeto consiste em um Veículo Autônomo Guiado (VAG) pensado para operar de forma independente, capaz de seguir uma linha traçada no chão e evitar obstáculos que surgem em seu caminho, equipado com sensores especializados para executar essas funções. O sensor seguidor de linha TCRT5000 é fundamental para identificar variações de reflexão na superfície, diferenciando regiões claras e escuras para manter-se alinhado. Além disso, foi utilizado também o sensor ultrassônico HC-SR04, responsável por medir a distância entre o veículo e obstáculos, permitindo desvios ou paradas para evitar colisões. Com o microcontrolador Arduino Uno R3, o VAG recebe informações dos sensores e, com base nelas, emite comandos para os quatro motores conectados a duas pontes H, que garantem controle preciso sobre a velocidade e direção de rotação dos motores, permitindo manobras ágeis e eficazes. O protótipo demonstrou sua capacidade em seguir a linha traçada no chão, desviar de obstáculos e, após ultrapassá-los, retornar à trajetória original. Essa versatilidade faz do VAG um sistema adaptável e funcional em diversos cenários. Em setores de transporte de materiais, robótica educacional e automação industrial, ele pode ser uma solução eficiente. No transporte de cargas em indústrias e armazéns, o VAG atua levando cargas de um ponto a outro de maneira autônoma, seguindo rotas predefinidas sem intervenção humana. A utilização do VAG não apenas melhora a eficiência operacional, mas também a segurança, economizando tempo, custos e reduzindo os riscos de acidentes. Sua adaptabilidade a diferentes tipos de cargas torna-o versátil, exigindo apenas ajustes em tamanho, formato e peso para se adequar a diferentes demandas. Além disso, o veículo pode ser integrado a outros sistemas de controle e comunicação, como sensores adicionais, câmeras, RFID, *Bluetooth*, entre outros. Essa integração amplia sua funcionalidade e inteligência, permitindo que o VAG seja parte de soluções mais complexas e abrangentes. Em essência, o projeto do VAG é um exemplo claro de como a robótica e a eletrônica podem resolver problemas do mundo real, oferecendo melhorias significativas na vida cotidiana das pessoas ao proporcionar soluções inteligentes e autônomas.

Palavras-chave: veículo, autônomo, transporte, cargas.

## **ABSTRACT**

This project consists of a Guided Autonomous Vehicle (GAV) designed to operate independently, capable of following a line drawn on the ground and avoiding obstacles that arise in its path, equipped with specialized sensors to perform these functions. The TCRT5000 line follower sensor is essential for identifying variations in reflection on the surface, differentiating light and dark regions to remain aligned. In addition, the HC-SR04 ultrasonic sensor was also used to measure the distance between the vehicle and obstacles, allowing deviations or stops to avoid collisions. With the Arduino Uno R3 microcontroller, the GAV receives information from the sensors and, based on them, sends commands to the four motors connected to two H-bridges, which guarantee precise control over the speed and direction of rotation of the motors, allowing agile and effective maneuvers. The prototype demonstrated its ability to follow the line drawn on the ground, dodge obstacles and, after overcoming them, return to the original trajectory. This versatility makes the GAV an adaptable and functional system in different scenarios. In sectors of material transportation, educational robotics and industrial automation, it can be an efficient solution. When transporting cargo in industries and warehouses, the GAV operates by taking cargo from one point to another autonomously, following predefined routes without human intervention. Using GAV not only improves operational efficiency, but also safety, saving time, costs and reducing the risk of accidents. Its adaptability to different types of loads makes it versatile, requiring only adjustments in size, shape and weight to suit different demands. Furthermore, the vehicle can be integrated with other control and communication systems, such as additional sensors, cameras, RFID, Bluetooth, among others. This integration expands its functionality and intelligence, allowing GAV to be part of more complex and comprehensive solutions. In essence, the GAV project is a clear example of how robotics and electronics can solve real-world problems, offering significant improvements in people's everyday lives by providing intelligent and autonomous solutions.

Keywords: Vehicle, Autonomous, transport, loads.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Controlador Lógico Programável (CLP) .....	21
Figura 2 – Microcontrolador .....	23
Figura 3 – Microcontrolador PIC12F675 .....	24
Figura 4 – Microcontrolador INTEL 8051 .....	24
Figura 5 – Diagrama de blocos PIC12F675 .....	25
Figura 6 – Motor DC 3-6V 200RPM com Caixa de redução e Eixo Duplo 48:1 .....	30
Figura 7 – Funcionamento de uma ponte H .....	32
Figura 8 – Sensor Ultrassônico HC-SR04 .....	34
Figura 9 – Sensor Ultrassônico com a placa Arduino .....	35
Figura 10 – Módulo Seguidor de Linha TCRT5000   Sensor Reflexivo .....	36
Figura 11 – Microservomotor SG90 9g .....	38
Figura 12 – Carrinho Arduino Robô 4wd 200rpm Acrílico 2,5mm/kit Chassis .....	39
Figura 13 – Programação do projeto .....	40

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1.    Objetivo geral.....	13
2.2.    Objetivos específicos .....	13
<b>3. RELEVÂNCIA .....</b>	<b>14</b>
<b>4. O ONTEM DO TRANSPORTE DE CARGA .....</b>	<b>15</b>
<b>5. AVANÇO DO TRANSPORTE DE CARGA.....</b>	<b>16</b>
<b>6. LOGÍSTICA .....</b>	<b>17</b>
<b>7. CONTROLADORES .....</b>	<b>19</b>
7.1.    O que é um controlador programável?.....	19
7.2.    Como surgiram os primeiros controladores programáveis?.....	19
7.3.    Controladores Lógicos Programáveis (CLPs).....	21
<b>8. MICROCONTROLADORES.....</b>	<b>23</b>
8.1.    O que é um microcontrolador?.....	23
8.2.    Origem dos microcontroladores .....	23
8.3.    Para que serve um microcontrolador?.....	26
8.4.    Qual a função do microcontrolador?.....	26
8.5.    Tipos de microcontroladores.....	26
8.6.    Principais aplicações dos microcontroladores .....	27
8.7.    ESP .....	27
8.7.1. ESP32 .....	28
8.7.2. ESP8266.....	28
8.8.    Arduino .....	28
8.8.1. Arduino Uno R3 .....	29
<b>9. MOTOR DC .....</b>	<b>30</b>
9.1.    Motor DC 3-6V com caixa de redução .....	30
<b>10. PONTE H.....</b>	<b>32</b>
10.1.    O que é uma ponte h?.....	32
10.2.    Como funciona a ponte h?.....	32
<b>11. O QUE É O SENSOR ULTRASSÔNICO HC-SR04? .....</b>	<b>34</b>
11.1.    Funcionamento sensor ultrassônico HC-SR04.....	34
<b>12. MÓDULO SENSOR SEGUIDOR DE LINHA TCRT5000 .....</b>	<b>36</b>
<b>13. MICROSERVO MOTOR.....</b>	<b>37</b>
13.1.    O que é servomotor? .....	37
13.2.    Microservomotor SG90 9g .....	37
<b>14. KIT CHASSI 4WD.....</b>	<b>39</b>
<b>15. PROGRAMAÇÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>16. VIABILIDADE.....</b>	<b>42</b>
<b>17. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>18. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>19. APÊNDICE .....</b>	<b>46</b>

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o desenvolvimento de tecnologias autônomas tem revolucionado vários setores industriais, incluindo o transporte de cargas médias e pesadas. Nesse contexto, a Mecatrônica surgiu como uma área que combina conhecimentos mecânicos, eletrônicos e de controles para criar sistemas automatizados.

Assim, o objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar o protótipo de um Veículo Autônomo Guiado (VAG) para o transporte de cargas médias e pesadas. O uso de veículos autônomos, nessa situação, tem como propósito aumentar a eficiência, a segurança, reduzir a dependência de operadores humanos e minimizar os riscos associados ao manuseio de grandes cargas.

O projeto proposto visou integrar os conhecimentos teóricos e práticos que foram adquiridos ao longo do Curso de Mecatrônica, explorando áreas relevantes para o desenvolvimento de VAGs confiáveis e eficientes. Isso envolveu a seleção adequada de componentes mecânicos e eletrônicos e o projeto de um sistema de controle para garantir a autonomia do veículo.

Por fim, espera-se que este projeto contribua para o avanço tecnológico de veículos autônomos guiados no transporte de cargas médias e pesadas, reduzindo custos operacionais, aumentando a produtividade e melhorando as condições de trabalho dos profissionais envolvidos na área.

Ao longo do texto serão apresentadas as bases teóricas, a metodologia do projeto e o desenvolvimento do protótipo para que o leitor tenha uma compreensão ampla e detalhada do processo de construção desse Veículo Autônomo Guiado para cargas médias e pesadas.

## 1. JUSTIFICATIVA

O transporte de cargas médias e pesadas é uma atividade crítica em diversos setores, incluindo construção civil, indústrias, mineração e logística portuária, pois esse setor enfrenta desafios em termos de eficiência operacional, segurança e custo. A introdução de veículos autônomos guiados tem potencial para melhorar estes aspectos, resultando em um transporte mais rápido, seguro e econômico.

O deslocamento de cargas médias e pesadas, muitas vezes, leva a acidentes graves e, em muitos casos, fatais. Os VAGs – Veículos Autônomos Guiados podem contribuir para a redução desses acidentes, visto que operam com precisão e são previsíveis, eliminando erros humanos e fatores relacionados à fadiga. Além disso, esses veículos podem ser equipados com sensores para detecção e prevenção de impactos, aumentando ainda mais a segurança nas operações de transporte.

O uso de veículos autônomos guiados para transportar cargas médias e pesadas pode melhorar significativamente a eficiência e a produtividade. Esses veículos podem operar sem interrupções, aumentando a capacidade de transporte e reduzindo os prazos de entrega. Além disso, a automatização dos processos de carga e descarga minimiza os tempos de espera e otimiza o fluxo de trabalho nas operações.

Considerando os desafios e as necessidades existentes relacionadas ao transporte de cargas, o desenvolvimento de Veículos Autônomos Guiados (VAGs) para essa finalidade é uma solução promissora. Por meio deste Trabalho de Conclusão de Curso, será possível projetar um VAG que ajude a otimizar operações, aumentar a eficiência e priorizar a segurança.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

O objetivo geral deste grupo de Trabalho de Conclusão de Curso foi desenvolver um VAG – Veículo Autônomo Guiado capaz de atender as necessidades e os desafios da indústria no que se refere ao transporte de cargas pesadas, proporcionando melhorias significativas em termos de eficiência nos processos, segurança dos usuários e precisão nas tarefas.

### **2.2. Objetivos específicos**

Com o desenvolvimento deste projeto, o grupo também buscou:

- Projetar um Veículo Autônomo Guiado (VAG) capaz de realizar o transporte de cargas pesadas de forma autônoma, segura e eficiente.
- Integrar sensores capazes de detectar obstáculos e prevenir colisões no transporte de cargas.
- Avaliar o impacto do VAG no setor de transporte de cargas pesadas, considerando aspectos como eficiência operacional, segurança e redução de custos.
- Documentar e apresentar o protótipo de forma clara e objetiva, compartilhando os resultados e descobertas obtidos durante o desenvolvimento do Veículo Autônomo Guiado (VAG).

### **3. RELEVÂNCIA**

O Veículo Autônomo Guiado (VAG) é um projeto essencial nas áreas de produção, comércio e indústria, porque pode ajudar a melhorar a eficiência e a produtividade das operações de armazenagem e logística. Ao operar de forma autônoma, esses veículos podem reduzir o tempo e o custo do transporte de materiais e produtos dentro dos armazéns.

Por serem equipados com sensores e tecnologia avançada, esses veículos podem evitar colisões e reduzir o risco de acidentes envolvendo funcionários ou equipamentos. Os veículos autônomos também podem ser programados para realizar tarefas específicas dentro do armazém, como transporte de cargas médias e pesadas, movimentação de objetos em locais de difícil acesso e execução de tarefas repetitivas. Isso libera os funcionários para se concentrarem em tarefas mais complexas e estratégicas, aumentando a eficiência e a produtividade do trabalho.

Além disso, podem ser equipados com tecnologia de comunicação sem fio, permitindo que eles se comuniquem com outros dispositivos e sistemas dentro do armazém. Isso pode facilitar a integração de diferentes processos e sistemas, automatizando ainda mais as operações de armazenamento e logística.

#### **4. O ONTEM DO TRANSPORTE DE CARGA**

A história do transporte de mercadorias em armazéns e na indústrias remonta aos primórdios da atividade comercial e da produção em massa. Desde os tempos antigos, os humanos desenvolveram métodos de movimentação de mercadorias dentro de armazéns e instalações industriais.

O transporte de mercadorias em antigos armazéns e indústrias era realizado principalmente pela força humana e animal. Bois, mulas ou veículos puxados por cavalos eram frequentemente usados para transportar mercadorias dentro de grandes armazéns ou instalações de produção. Esses métodos são relativamente simples e dependem da força física disponível.

À medida que a Revolução Industrial avançava no século XVIII, ocorreram grandes mudanças na forma como as mercadorias eram transportadas em ambientes industriais. A introdução de motores a vapor, trilhos de trem, polias mecânicas e sistemas de correias tornou mais eficiente o transporte de matérias-primas e produtos acabados dentro de fábricas e armazéns.

A utilização de ferrovias e locomotivas a vapor permitiu a movimentação de objetos pesados dentro das instalações industriais, facilitando o transporte de matérias-primas para linhas de produção e a distribuição de produtos acabados para áreas de armazenamento ou expedição.

Com o tempo, os avanços tecnológicos, como empilhadeiras, correias transportadoras, guindastes e sistemas de automação revolucionaram ainda mais o fluxo de mercadorias em armazéns e indústrias. Essas inovações aumentaram a eficiência, a velocidade e a capacidade do transporte de cargas e reduziram significativamente a dependência da força física humana ou animal.

Atualmente, o transporte de mercadorias em armazéns e instalações industriais é altamente automatizado e controlado por sistemas informatizados. Empilhadores elétricos, sistemas de gestão de armazéns (WMS), identificação por radiofrequência (RFID) e tecnologia de identificação são apenas alguns exemplos de ferramentas modernas utilizadas para otimizar e gerir a movimentação de mercadorias nesses espaços.

## 5. AVANÇO DO TRANSPORTE DE CARGA

O transporte de carga desempenha um papel crucial na economia de muitos países, incluindo o Brasil. O modal rodoviário é o mais predominante no país, e a tecnologia tem sido fundamental para o aprimoramento desse setor. Com o crescimento da infraestrutura viária, a tecnologia aplicada ao transporte de cargas impulsionou um avanço considerável nesse ramo.

Atualmente, uma variedade de tipos de veículos de carga está disponível, levando em consideração as demandas do frete e as características das cargas transportadas - como, por exemplo, veículos refrigerados para o transporte de alimentos perecíveis. Além disso, os avanços tecnológicos permitem que o transporte de mercadorias seja mais veloz, eficiente e seguro. A utilização do GPS possibilita o rastreamento preciso dos veículos e o planejamento de rotas mais eficazes. Sistemas de gestão oferecem aos gestores uma visão ampliada e controle aprimorado do fluxo das entregas, melhorando a qualidade do serviço oferecido aos clientes.

No que diz respeito ao transporte de cargas em armazéns e indústrias, a tecnologia também desempenha um papel fundamental. A Logística 4.0, por exemplo, é uma tendência crescente nos últimos anos. Esse conceito abrange a integração de tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), análise de dados (big data) e outras, visando otimizar a gestão de estoques, movimentação de cargas e entrega de produtos. Além disso, a automação robótica tem ganhado destaque nos armazéns e indústrias para automatizar tarefas repetitivas, aumentando assim a eficiência operacional.

## 6. LOGÍSTICA

Logística é um termo que descreve o processo de planejamento, execução e supervisão do fluxo de mercadorias e serviços, desde sua origem até o destino, visando satisfazer as demandas dos clientes. A logística é encarregada de administrar recursos materiais, financeiros e de informação, sendo crucial para assegurar a eficiência e eficácia das operações empresariais.

A logística pode ser segmentada em diversas áreas, como logística de abastecimento, logística interna, logística de fabricação, logística de distribuição e logística reversa. A logística de abastecimento envolve o gerenciamento da cadeia de fornecimento, desde a aquisição de matérias-primas até a entrega dos produtos à linha de produção. A logística interna é responsável pela administração dos fluxos de materiais e informações dentro da empresa. A logística de fabricação compreende a gestão do processo produtivo, desde o planejamento até a entrega do produto finalizado. A logística de distribuição é encarregada da administração do fluxo de produtos, desde sua saída da fábrica até a entrega ao consumidor final. Já a logística reversa diz respeito à gestão do fluxo de produtos após o consumo, desde a coleta até o descarte ou reciclagem.

Além dessas áreas principais, a logística também abrange a gestão de tecnologias e sistemas que otimizam os processos de armazenamento, transporte e gestão de inventário. A Logística moderna se apoia fortemente em soluções tecnológicas, como *softwares* de gestão de estoque, sistemas de rastreamento de cargas e análise de dados para previsão de demanda, visando aprimorar a eficiência e reduzir custos operacionais.

A Logística de suprimentos desempenha um papel crucial na seleção de fornecedores confiáveis, na negociação de contratos e na gestão de estoques para garantir a disponibilidade de matérias-primas no momento certo e na quantidade necessária para a produção.

A Logística reversa, por sua vez, não apenas lida com o retorno de produtos após o consumo, mas também está envolvida em processos de remanufatura, reciclagem e descarte adequado de resíduos, promovendo práticas sustentáveis e atendendo às exigências ambientais e regulatórias.

Em resumo, a Logística desempenha um papel integral no sucesso de uma empresa, coordenando todas as etapas do fluxo de materiais e informações, desde a origem até o destino, buscando a satisfação do cliente, a redução de custos e o desenvolvimento de práticas sustentáveis.

## 7. CONTROLADORES

### 7.1. O que é um controlador programável?

Inicialmente, vamos compreender o conceito central do controlador programável. O CLP, conhecido como Controlador Lógico Programável ou Controlador Programável, é um dispositivo eletrônico equipado com *hardware* e *software*, projetado para gerenciar aplicações industriais. Em essência, é semelhante a um computador capaz de executar comandos específicos para conduzir atividades industriais. Ele também é identificado pela sigla PLC, que representa *Programmable Logic Controller* ou *Programmable Controller* em inglês.

O CLP é um dispositivo versátil, uma vez que cada unidade pode conter um programa distinto, com operações, comandos e funções diversas, essenciais para o controle e monitoramento dos processos industriais. Seus componentes incluem o processador, memória, fonte de alimentação, módulos de entrada e saída, além dos dispositivos de programação.

*Softwares* especializados desenvolvidos pelos usuários possibilitam a aplicação do CLP em processos de automação, controle e monitoramento de uma ampla variedade de máquinas e processos industriais, independentemente de sua complexidade. Além disso, sua robustez o torna mais resistente em comparação a um computador convencional, suportando condições extremas, como variações de temperatura e ambientes hostis.

### 7.2. Como surgiram os primeiros controladores programáveis?

A Revolução Industrial do século XVIII marcou a transição da mão de obra manual para a utilização de força mecânica. Esse movimento impulsionou a automação dos processos industriais, alterando fundamentalmente a produção de dispositivos e produtos. A padronização tornou-se necessária à medida que as máquinas requeriam tecnologias para controlar os sistemas de execução.

Desde os reguladores centrífugos concebidos por James Watt (1736-1819) até os reguladores eletrônicos baseados em tecnologia analógica, relés e contadores, avançamos até a década de 1960. Nesse período, as montadoras de automóveis

reconheceram a demanda do mercado por produção em massa com flexibilidade para modificar cores e configurações durante a linha de montagem.

A *General Motors* (GM) buscava criar um produto que oferecesse essa versatilidade e agilidade de processo, substituindo os relés para permitir alterações rápidas na produção. Foi somente no final da década de 1960 que surgiu o primeiro dispositivo de computação que atendia às especificações da GM para a produção automotiva. A empresa americana *Bedford Associate* lançou, em 1968, o primeiro CLP denominado MODICON 084 (*Modular Digital Controller*).

À medida que sua aceitação crescia, aumentava também a demanda por mais funcionalidades, como maior capacidade de memória e de pontos de entrada/saída (E/S). A maioria dos fabricantes respondeu positivamente a esses requisitos, introduzindo novos modelos de CLPs para atender aplicações de pequeno (até 500 pontos de E/S), médio (de 500 a 5.000 pontos de E/S) e grande porte (acima de 5.000 pontos de E/S). Normalmente, esses modelos não eram compatíveis entre si; os módulos de E/S não eram intercambiáveis, a menos que adaptadores fossem adicionados, o que gerava aumentos nos custos e problemas de manutenção.

A chegada dos microprocessadores, o desenvolvimento de software e a maturidade do mercado deram um novo impulso aos CLPs na década de 1980. Surgiram microprocessadores e memórias mais compactos, reduzindo custos, tamanhos e aumentando a confiabilidade dos produtos. Essa nova geração de microprocessadores possibilitou a interligação de controladores e equipamentos em redes industriais de comunicação, permitindo a informatização das fábricas.

Na década de 1990, o mercado de automação se expandiu e fortaleceu. Houve uma grande demanda por controladores para micro aplicações (com menos de 100 pontos de E/S), o que exigiu reduções de custo e tamanho por parte dos fabricantes, aumentando a tecnologia incorporada nos equipamentos. Novas tecnologias, como o conceito de remotas, foram desenvolvidas para reduzir os custos das aplicações, permitindo que equipamentos no campo comandassem as E/S e respondessem à CPU na sala de controle. Hoje, a tecnologia de comunicação em rede permite a conexão entre diversos tipos de controladores de fabricantes diferentes.

### 7.3. Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são aplicáveis em uma ampla gama de processos industriais mecanizados. Eles têm a capacidade de gerenciar funções industriais, armazenando informações e instruções para otimizar as atividades do maquinário. Além do ambiente industrial, esses dispositivos também encontram aplicação em instalações residenciais e comerciais.



Figura 1 – Controlador Lógico Programável (CLP)

Fonte: CLP - O que é - Como funciona o controlador lógico programável (alfacomp.net)

Uma das principais vantagens de sistemas informatizados é a facilidade de expansão por meio de recursos acessíveis. Nesse sentido, os CLPs são componentes de importância indiscutível. Hoje em dia, praticamente todas as plantas industriais fazem uso de algum tipo de controlador para assegurar uma operação segura e economicamente viável. Seus benefícios incluem:

- Facilidade de programação e manutenção
- Aumento da confiabilidade da aplicação
- Melhoria na comunicação para um processamento centralizado
- Dimensões reduzidas em comparação aos painéis de relés (o que resulta em redução de custos)
- Redução de custos operacionais
- Preço altamente competitivo

Esses atributos tornam os CLPs recursos indispensáveis para as indústrias, permitindo maior eficiência e controle nos processos, além de contribuírem significativamente para a economia de recursos e para a melhoria do desempenho das operações industriais.

## 8. MICROCONTROLADORES

### 8.1. O que é um microcontrolador?

um microcontrolador é um *chip* de circuito integrado único que incorpora memória, um núcleo de processador e periféricos de entrada e saída, e tem a capacidade de ser programado para realizar diversas tarefas. Sua aplicação é comum em sistemas embarcados, onde executa uma sequência de tarefas pré-determinadas, todas controladas pelos dispositivos integrados no *chip*. Consequentemente, é utilizado em uma variedade de dispositivos, tais como controles remotos, eletrodomésticos, sistemas de controle automotivo, brinquedos e em muitos outros dispositivos automatizados.

Uma das características mais marcantes dos microcontroladores é o baixo custo de desenvolvimento, o consumo mínimo de energia e a facilidade de programação, tornando-os ideais para aqueles que necessitam construir circuitos eletrônicos de forma mais acessível e simplificada.

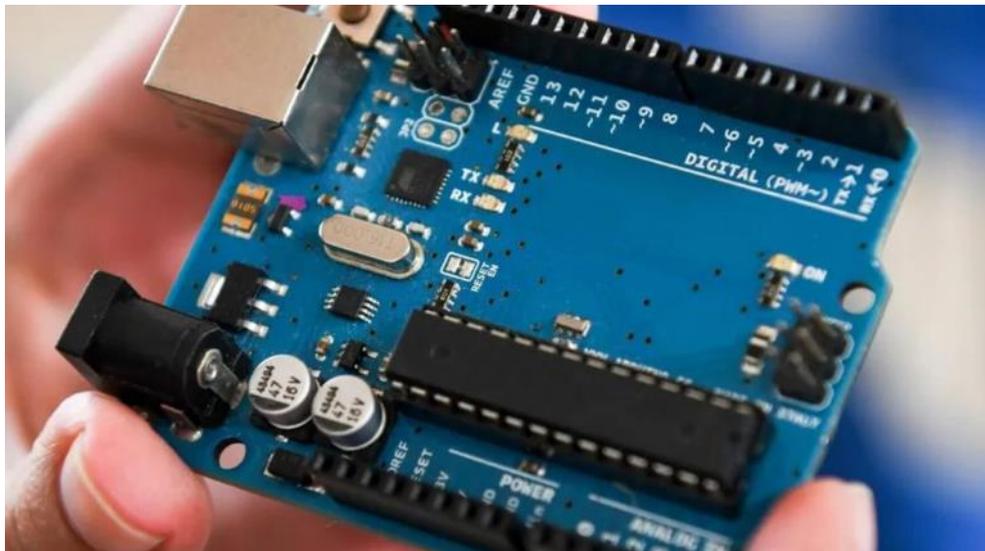


Figura 2 – Microcontrolador

Fonte: Microcontrolador: o que é, para que serve e principais usos ([victorvision.com.br](http://victorvision.com.br))

### 8.2. Origem dos microcontroladores

Um microcontrolador é, essencialmente, um computador integrado em um único *chip* (Figuras 1.1 e 1.2). Este *chip* abriga um processador (Unidade Lógica e Aritmética - ULA), memória, periféricos de entrada e saída, temporizadores, dispositivos de comunicação serial, entre outros componentes.

Esses dispositivos surgiram como uma evolução natural dos circuitos digitais devido ao aumento da complexidade deles. Chega um momento em que é mais prático, econômico e compacto substituir a lógica das portas digitais por um conjunto de processador e *software*.

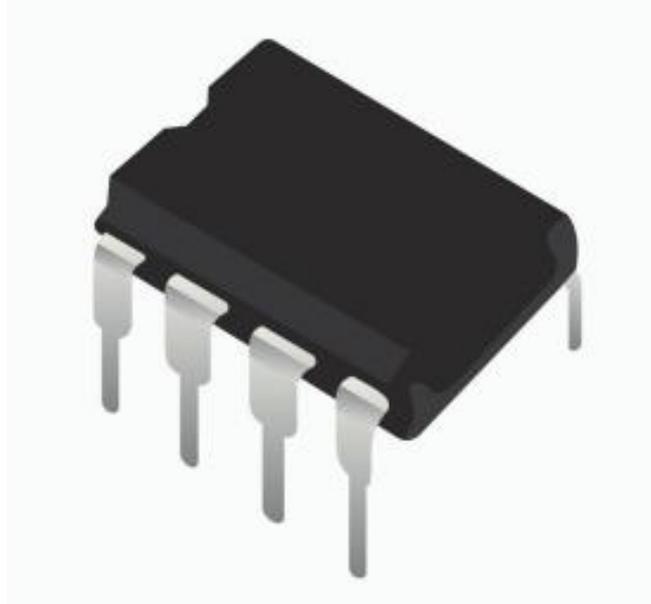


Figura 3 – Microcontrolador PIC12F675

Fonte: microcontradores.indb (ifmg.edu.br)



Figura 4 – Microcontrolador INTEL 8051

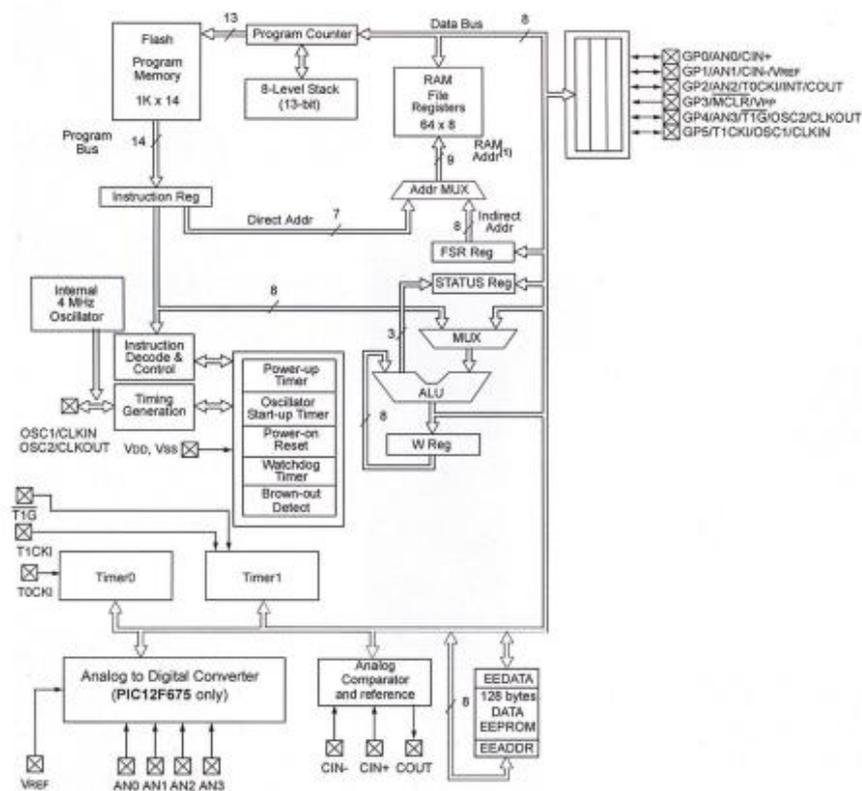
Fonte: microcontradores.indb (ifmg.edu.br)

O primeiro microcontrolador foi lançado pela empresa Intel em 1977, conhecido como "8048". Sua evolução deu origem à família "8051". Este *chip* é programado em linguagem *Assembly* e possui um conjunto poderoso de instruções.

Por ser um dos pioneiros, o microcontrolador é amplamente utilizado em diversas aplicações de automação em várias partes do mundo.

Internamente, o microcontrolador contém os seguintes dispositivos:

- Uma CPU (*Central Processor Unit* ou Unidade de Processamento Central), que interpreta as instruções do programa.
- Uma memória PROM (*Programmable Read Only Memory* ou Memória Programável Somente de Leitura) onde as instruções do programa são armazenadas.
- Uma memória RAM (*Random Access Memory* ou Memória de Acesso Aleatório) usada para armazenar as variáveis utilizadas pelo programa.
- Um conjunto de LINHAS de I/O para controlar dispositivos externos ou receber sinais de sensores, interruptores etc.
- Um conjunto de dispositivos auxiliares ao funcionamento, como gerador de *clock*, contadores, UASART para comunicação, entre outros.



Note 1: Higher order bits are from STATUS register.

Figura 5 – Diagrama de blocos PIC12F675

Fonte: microcontradores.indb (ifmg.edu.br)

### 8.3. Para que serve um microcontrolador?

Sim, um microcontrolador é, de fato, um *chip* de circuito integrado único que desempenha um papel crucial. Através dele, é possível controlar uma ampla gama de sistemas eletrônicos não digitais, ou seja, sistemas que não possuem um sistema operacional.

Sua aplicação é comum na automação e controle de dispositivos e produtos variados, tais como brinquedos, motores automotivos, controles remotos e uma diversidade de periféricos.

É importante salientar que os microcontroladores são programáveis, o que significa que é possível gravar programas neles. Por exemplo, no caso dos microcontroladores PIC, é necessário acompanhar o *chip* com uma memória para armazenar os programas ou códigos que serão executados por ele.

### 8.4. Qual a função do microcontrolador?

A utilização do *chip* de circuito integrado único, conhecido como microcontrolador, visa contribuir para o funcionamento de dispositivos eletrônicos não digitais, os quais não possuem um sistema operacional.

Sua relevância é evidente em uma ampla gama de aparelhos e equipamentos que realizam diversas tarefas de forma automática na atualidade. É assim que, por exemplo, os controles remotos operam.

### 8.5. Tipos de microcontroladores

Os tipos mais notáveis de microcontroladores no momento são apresentados abaixo:

- MICROCONTROLADORES ATMEL AVR (ATMEGA, ATTINY, ETC.): um dos primeiros microcontroladores desenvolvidos para usar a memória *flash* para fazer o armazenamento da programação.
- MICROCONTROLADORES PIC MICROCHIP TECHNOLOGY (PIC16, PIC24, ETC.): têm arquitetura Harvard e são capazes de processar dados de 8 a 32 bits. Além

disso, são conhecidos por sua alta disponibilidade, baixo custo e variedade de ferramentas.

- MICROCONTROLADORES BASEADOS EM ARQUITETURA ARM: famosos por otimizarem as respostas e terem uma reação em tempo real. As versões do ARM mais usadas são: ARMv4, ARMv5, ARMv6 e ARMv7.
- MICROCONTROLADORES ESP DA ESPRESSIF;
- MICROCONTROLADORES ST DA FABRICANTE STM;
- MICROCONTROLADORES MSP DA FABRICANTE TEXAS INSTRUMENTS.

## 8.6. Principais aplicações dos microcontroladores

Por bastante tempo, os microcontroladores têm desempenhado um papel fundamental na indústria em geral e em diversos setores corporativos. Por Meio deles, é possível estabelecer conexões e operar dispositivos de controle de acesso, sistemas de reconhecimento (como leitores de impressões digitais), leitores de cartões magnéticos e até mesmo programas que utilizam senhas cadastradas.

Em linhas gerais, o microcontrolador recebe dados de fontes como sensores de cartões magnéticos e, com base em sua programação, executa determinadas atividades em resposta a essas informações.

Essa mesma lógica é empregada em relógios, onde o microcontrolador processa informações diversas para disponibilizar dados como data, hora e temperatura atual.

Uma aplicação mais recente e inovadora dos microcontroladores é observada no controle de drones - uma paixão tanto para entusiastas de imagens aéreas quanto para uso em contextos industriais, como na agricultura.

Por meio da tecnologia *Bluetooth*, os usuários conseguem controlar seus drones e realizar as manobras desejadas com facilidade.

## 8.7. ESP

O microcontrolador ESP refere-se à família de microcontroladores da *Espressif Systems* comumente usada no desenvolvimento de dispositivos IoT (Internet das Coisas). Os microcontroladores ESP são conhecidos por sua conectividade *Wi-Fi* integrada e são amplamente utilizados em projetos que envolvem sensores e

comunicações sem fio. Os modelos mais famosos incluem o ESP8266 e o ESP32. Eles são populares por sua versatilidade e suporte à comunidade de desenvolvedores.

### 8.7.1. ESP32

ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia amplamente utilizado em projetos de IoT (Internet das Coisas). Desenvolvido pela *Espressif Systems*, o ESP32 possui conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth* para aplicações sem fio.

Ele é usado em diversos projetos, desde dispositivos domésticos inteligentes até prototipagem de produtos comerciais. O ESP32 possui processador dual-core, o que o torna capaz de realizar tarefas mais complexas.

A operação do ESP32 envolve programação em linguagens como Arduino ou *MicroPython*. Possui GPIO (*General Purpose Input/Output*) que permite conectar sensores, atuadores e outros dispositivos. Suas capacidades de comunicação sem fio facilitam a integração com a Internet, possibilitando a troca de dados com servidores ou outros dispositivos.

Resumindo, o ESP32 serve como uma plataforma versátil para o desenvolvimento de projetos eletrônicos conectados, fornecendo comunicação sem fio, controle de dispositivos e recursos de coleta de dados.

### 8.7.2. ESP8266

O módulo ESP8266 é um *chip* microcontrolador desenvolvido pela empresa chinesa *Espressif*. Devido ao seu *Wi-Fi* integrado, o chip revoluciona o mercado *maker* e facilita projetos de IoT graças às suas características técnicas e preço acessível.

## 8.8. Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de placa única e *hardware* livre que permite aos usuários criar objetos eletrônicos interativos e independentes, usando o microcontrolador Atmel AVR ou ARM com suporte de entrada/saída embutido. A plataforma Arduino é projetada para ser acessível a todos, independentemente da idade, habilidade ou renda. O Arduino é capaz de controlar dispositivos eletrônicos, como controles remotos, eletrodomésticos, controles de carros, brinquedos e outros tantos dispositivos automatizados. O uso do Arduino é comum em

sistemas embarcados, capazes de produzir uma sequência de tarefas pré-estabelecidas, todas controladas pelos dispositivos em questão. Uma das grandes características do Arduino é que seu custo baixo de projeto, consumo mínimo de energia e facilidade de programação o tornam ideal para quem precisa construir circuitos eletrônicos.

### **8.8.1. Arduino Uno R3**

O Arduino Uno R3 é uma placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador ATmega328P. Ele é equipado com 14 pinos digitais de entrada/saída, 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação, um cabeçalho ICSP e um botão de reset. Algumas razões para utilizar o Arduino Uno R3, são: Facilidade de uso, versatilidade, código aberto (podendo modificar o código-fonte, adaptando-o às suas necessidades) e acessibilidade financeira, tornando-o uma plataforma ideal para quem está começando ou mesmo para projetos mais avançados.

O Arduino é uma plataforma versátil que possibilita a criação de uma ampla variedade de projetos eletrônicos. Sua simplicidade e acessibilidade fazem dele um excelente ponto de partida para aprender eletrônica e programação. Para aqueles que desejam aprofundar seus conhecimentos, há uma abundância de recursos disponíveis para dominar o Arduino e realizar projetos incríveis. Enfim, concluímos que a escolha do microcontrolador Arduino é a melhor opção para a realização do nosso projeto.

## 9. MOTOR DC

O motor DC é um tipo de motor elétrico que opera utilizando corrente contínua como fonte de energia. Seu funcionamento é fundamentado no princípio do eletromagnetismo simples. Quando um condutor de corrente é percorrido por eletricidade, é gerado um campo magnético ao seu redor. Ao colocar esse condutor em um campo magnético externo, ele experimenta uma força proporcional à corrente que o atravessa e à intensidade do campo magnético externo. Esse dispositivo converte energia elétrica em energia mecânica, aproveitando a interação entre os campos magnéticos e a corrente elétrica para produzir movimento. O motor DC típico consiste em enrolamentos de campo que geram o fluxo magnético necessário, enquanto a armadura desempenha o papel de condutor por onde a corrente elétrica flui, gerando assim o movimento desejado.

### 9.1. Motor DC 3-6V com caixa de redução

O motor DC 3-6V com caixa de redução é uma variante de motor elétrico que possui uma caixa de redução integrada ao eixo principal. Essa caixa de redução desacelera a rotação do eixo enquanto aumenta o torque gerado pelo motor.

Esse tipo de motor é amplamente utilizado em projetos que envolvem robótica, automação e eletrônica, oferecendo controle sobre a velocidade e o torque do motor elétrico. Exemplos de aplicação incluem robôs seguidores de linha, carrinhos controlados por dispositivos móveis e projetos de automação residencial, entre outros.



Figura 6 – Motor DC 3-6V 200RPM com Caixa de Redução e Eixo Duplo 48:1

Fonte: Comprar Motor DC 3-6V com Caixa de Redução e Eixo Duplo 48:1 - Usinainfo

O motor DC 3-6V com caixa de redução é uma escolha popular para iniciantes devido à sua facilidade de uso e custo relativamente baixo. Pode ser alimentado por uma bateria ou fonte de energia variando de 3 a 6 volts, dependendo do modelo.

Através dos dois polos localizados na extremidade do motor com caixa de redução, é possível inverter a polaridade, permitindo que o motor gire tanto no sentido horário quanto no anti-horário, dependendo da forma como a tensão é aplicada.

Com sua caixa de redução exclusiva e eixo simples, ele oferece um considerável torque/força de trabalho. Entretanto, destaca-se mais no quesito torque do que na velocidade, atingindo uma velocidade relativamente menor.

## 10. PONTE H

### 10.1. O que é uma ponte h?

Essencialmente, a ponte H é um *driver* utilizado em motores de corrente contínua, permitindo o movimento do motor tanto no sentido horário quanto no anti-horário. Além de possibilitar a inversão do sentido de rotação, ela requer uma quantidade mínima de energia do circuito de controle.

Através do esquema de conexão, torna-se intuitivo compreender a razão pela qual recebe o nome de ponte H, já que a carga é conectada entre as quatro chaves, formando uma configuração que se assemelha à letra H.

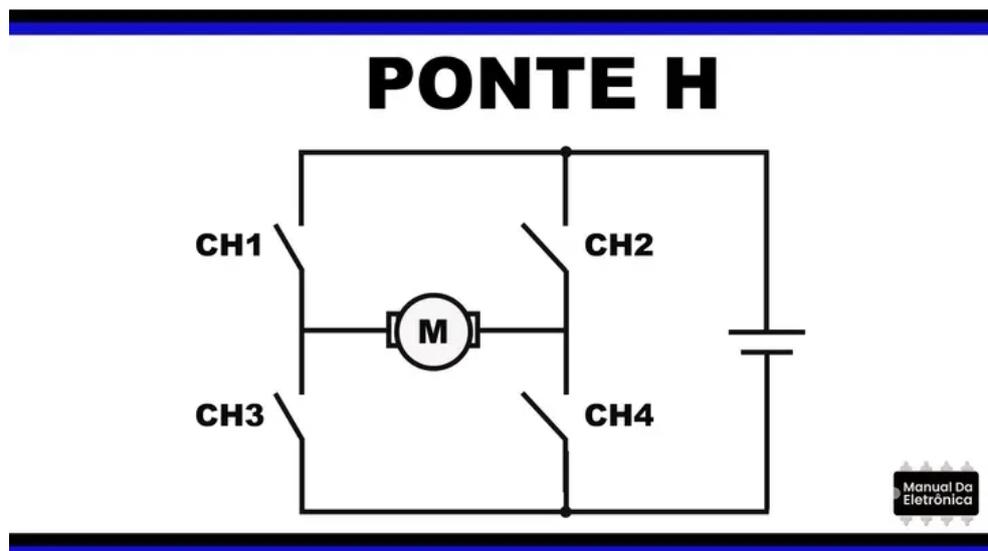


Figura 7 – Funcionamento de uma ponte H

Fonte: Ponte H – O que é e como funciona! - Manual da Eletrônica  
([manualdaeletronica.com.br](http://manualdaeletronica.com.br))

Também é importante destacar que, além de controlar a direção do movimento do motor, a ponte H é empregada para regular a voltagem no motor, influenciando diretamente em sua velocidade.

### 10.2. Como funciona a ponte H?

Para alterar o sentido de rotação de um motor de Corrente Contínua (CC), é preciso inverter a direção da corrente elétrica que percorre seus enrolamentos. Ou seja, se a polaridade da alimentação do motor CC for trocada, seu sentido de rotação também será invertido.

O funcionamento da ponte H é simples. Quando as chaves CH1 e CH4 são fechadas, a corrente flui na carga da esquerda para a direita, resultando no movimento do motor no sentido horário. Já quando as chaves CH2 e CH3 são fechadas, a corrente flui na carga da direita para a esquerda, fazendo o motor girar no sentido anti-horário.

Se CH1 e CH2, ou CH3 e CH4, forem acionadas simultaneamente, nenhum efeito ocorre. No entanto, é crucial evitar o fechamento simultâneo de CH1 e CH3, ou CH2 e CH4, para prevenir curtos-circuitos entre os polos positivo e negativo da fonte.

É importante destacar que essas chaves não são dispositivos mecânicos como apresentado anteriormente. Na verdade, elas podem ser transistores operando nas regiões de corte e saturação, funcionando como chaves abertas ou fechadas.

Para controlar essas chaves, é necessário um circuito capaz de comandá-las. O controle pode ser realizado de várias maneiras, como por exemplo, por meio de um circuito utilizando portas lógicas, circuito integrado, microcontroladores, entre outros.

## 11. O QUE É O SENSOR ULTRASSÔNICO HC-SR04?

O HC-SR04 é um sensor ultrassônico que emprega o sonar para determinar a distância entre o sensor e um objeto. Possui uma notável capacidade de detecção à distância, oferecendo precisão elevada e leituras consistentes. Este sensor compreende dois módulos, atuando como transmissor e receptor ultrassônico. Sua versatilidade se reflete em diversas aplicações, como medições de distância e velocidade, sistemas de alarme antirroubo, usos médicos, dispositivos sonares, controladores de umidificadores, tecnologia de carregamento sem fio, testes não destrutivos e ultrassonografia.

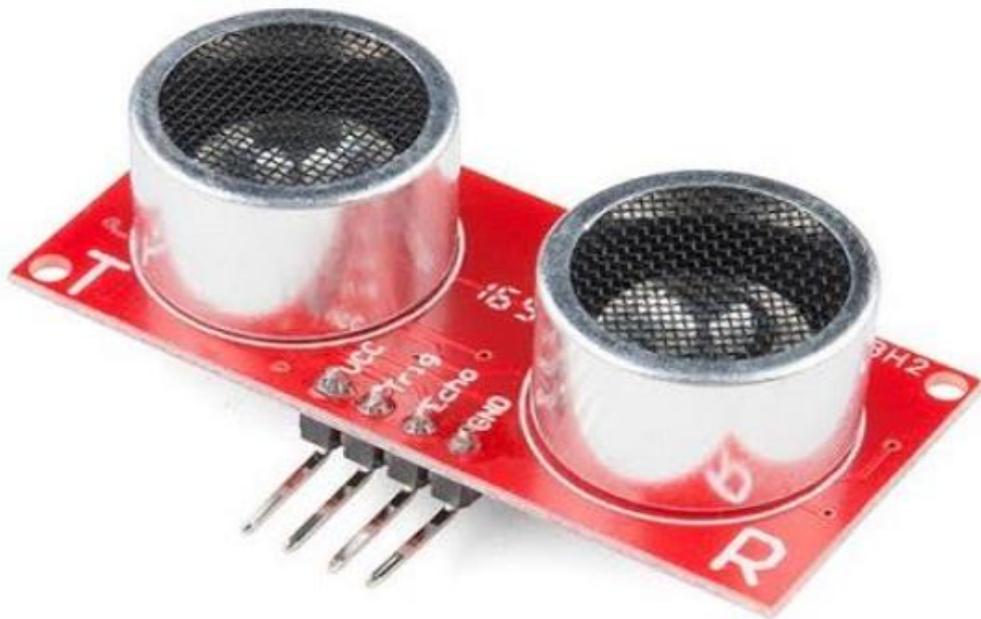


Figura 8 – Sensor Ultrassônico HC-SR04

Fonte: Sensor Ultrassônico HC-SR04 | MakerHero

### 11.1. Funcionamento sensor ultrassônico HC-SR04

O sensor ultrassônico HC-SR04 possui quatro pinos: Vcc, gatilho, eco e aterramento. Esse sensor é utilizado para realizar medições precisas de distância entre o sensor e um alvo. Sua operação baseia-se principalmente no uso de ondas sonoras.

Quando o módulo é alimentado, ele emite ondas sonoras que se propagam pelo ar em direção ao objeto de interesse. Essas ondas são refletidas pelo objeto e retornam ao módulo, onde são captadas pelo receptor.

A relação entre a distância e o tempo é diretamente proporcional, pois quanto maior a distância percorrida, maior o tempo necessário para o retorno das ondas. Ao manter o pino de gatilho em estado alto por 10  $\mu$ s, são geradas ondas ultrassônicas que se propagam à velocidade do som. O sensor então recebe oito ciclos dessas ondas no pino de eco.

O sensor ultrassônico é comumente utilizado em conjunto com placas Arduino para medir a distância entre o sensor e o objeto. Para calcular essa distância, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$S = (V \times t) / 2$$

Onde:

'S' representa a distância medida.

'V' é a velocidade do som.

'T' é o tempo necessário para que as ondas sonoras retornem após atingirem o objeto.

Para obter a distância real, divide-se o valor calculado por 2, uma vez que o tempo registrado é referente ao total de ida e volta das ondas sonoras até o sensor.

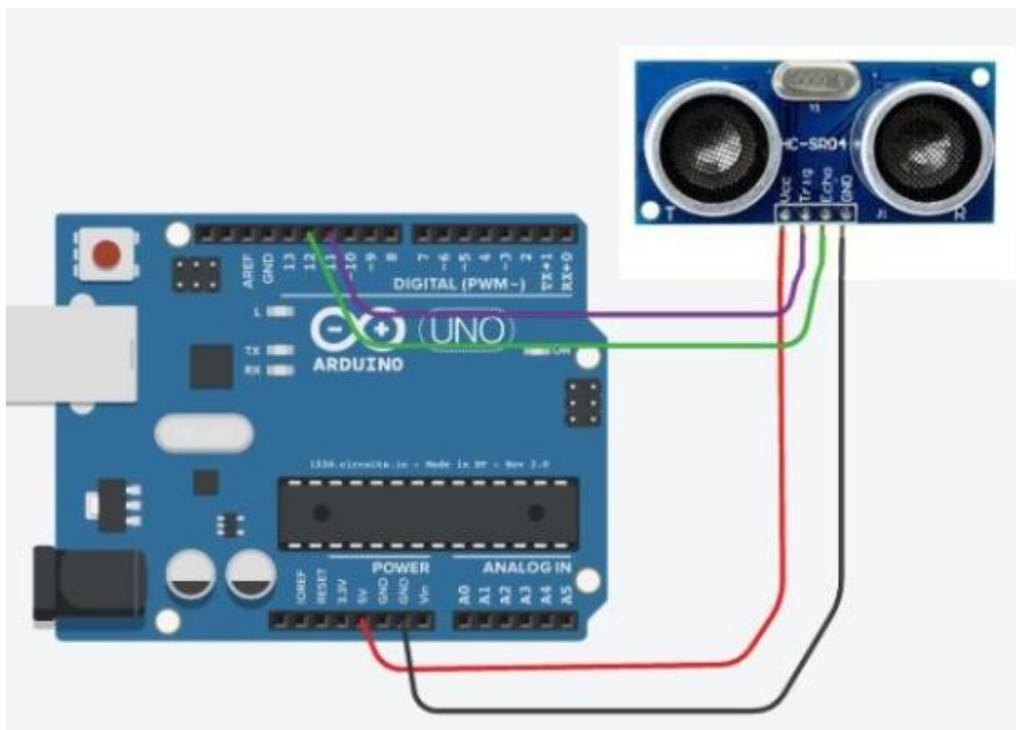


Figura 9 – Sensor Ultrassônico com a placa Arduino

Fonte: Sensor Ultrassônico HC-SR04 | MakerHero

## 12. MÓDULO SENSOR SEGUIDOR DE LINHA TCRT5000

O seguidor de linha é um sensor reflexivo que combina um fotodiodo e um foto transistor dentro do mesmo encapsulamento. Isso possibilita que o módulo detecte linhas e/ou objetos de cores diversas, incluindo branco, preto e tons intermediários.

O componente principal deste módulo é o TCRT5000, responsável por emitir raios infravermelhos de forma contínua. Dependendo da superfície, a luz é refletida e detectada pela foto transistor.

Quando a quantidade de luz refletida é suficiente para ativar o limite de acionamento do comparador LM393, a saída é levada ao nível alto. Caso contrário, a saída permanece em nível baixo. A sensibilidade do comparador de tensão LM393 pode ser ajustada através do *trimpot* presente na placa.

Além disso, o módulo oferece a opção de leitura analógica do sinal através da saída A0. Isso proporciona um controle mais refinado sobre o sinal proveniente do TCRT5000, podendo ser utilizado com um conversor analógico-digital de um microcontrolador ou outro circuito analógico.

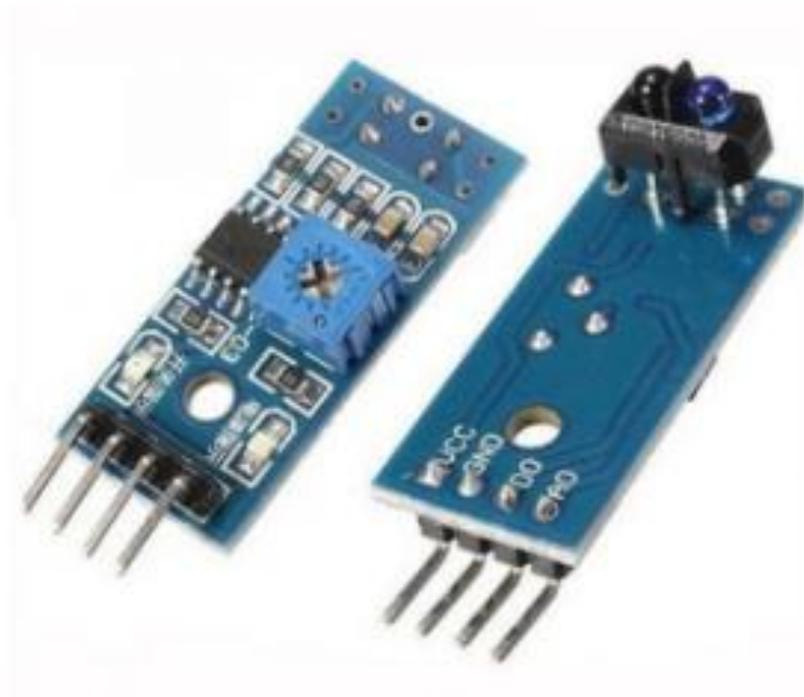


Figura 10 – Módulo Seguidor de Linha TCRT5000 | Sensor Reflexivo

Fonte: Módulo Seguidor de Linha TCRT5000 | Sensor Reflexivo (easytronics.com.br)

## 13. MICROSSERVOMOTOR

### 13.1. O que é servomotor?

Os servomotores não são classificados em uma categoria específica de motores, podendo ser tanto motores de Corrente Alternada (CA) quanto de Corrente Contínua (CC). Eles são atuadores especialmente projetados para aplicações que exigem controle preciso de movimento, rápida reversão e alto desempenho. Encontram-se amplamente empregados em áreas como robótica, sistemas automatizados, máquinas CNC e em diversas outras aplicações industriais.

Os servomotores se distinguem de outros tipos de motores por possuírem incorporados em si um *encoder* e um controlador. O *encoder* funciona como um sensor de velocidade, desempenhando o papel de fornecer informações sobre a velocidade e a posição do motor.

Para o controle preciso da velocidade e da posição final do motor, o servomotor opera com um sistema servomecanismo que utiliza o *feedback* (realimentação) de posição. Basicamente, um servomotor combina internamente um motor com circuitos de realimentação, um controlador e outros componentes eletrônicos complementares.

### 13.2. Microservomotor SG90 9g

O Microservomotor SG90 9g é um componente fundamental em projetos de robótica, mecatrônica e diversas outras aplicações. Na área da robótica, o servo motor desempenha um papel crucial ao movimentar os braços, pernas e mãos dos robôs. No contexto do automodelismo, é utilizado para controlar o movimento das rodas dianteiras dos carrinhos, enquanto no aeromodelismo, sua função é controlar os flaps das asas dos aviões.



Figura 11 – Microservomotor SG90 9g

Fonte: Como usar com Arduino - Microservomotor SG90 9g - BLOG  
MASTERWALKER SHOP

Através da utilização do Microservomotor SG90 9g, é possível regular tanto a rotação quanto a posição de um dispositivo por meio de comandos enviados pela plataforma microcontrolada. Após receber o comando para alterar sua posição, o servomotor verifica sua posição atual e, em seguida, executa a ação girando até alcançar a posição desejada.

## 14. KIT CHASSI 4WD

O Carrinho Arduino Robô 4WD 200RPM Acrílico 2,5mm é um conjunto de montagem projetado para simplificar a criação de projetos de robótica. Seu chassi transparente e durável, fabricado em acrílico com 2,5mm de espessura, permite a visualização dos componentes internos. Com quatro motores independentes, oferece tração individual em cada roda, garantindo movimentos precisos e eficientes. Os pneus emborrachados aumentam a aderência, ideal para superfícies lisas ou irregulares, prevenindo derrapagens. O *kit* inclui parafusos para a montagem dos motores e pneus, junto a um suporte retangular em acrílico para fixação. Também estão inclusos dois pares de discos *encoder*, permitindo a medição precisa da rotação e velocidade das rodas. Para alimentação, o *kit* conta com um suporte para quatro pilhas AA.

Em síntese, o Carrinho Arduino Robô 4WD 200RPM Acrílico 2,5mm é um conjunto completo para a montagem de um carrinho robô controlado por Arduino, contendo todos os componentes necessários para um desempenho eficaz.



Figura 12 – Carrinho Arduino Robô 4wd 200rpm Acrílico 2,5mm/kit Chassis

Fonte: Carrinho Arduino Robô 4wd 200rpm Acrílico 2,5mm/kit Chassis | Frete grátis  
([mercadolivre.com.br](http://mercadolivre.com.br))

## 15. PROGRAMAÇÃO

A programação de um computador para gerar os movimentos desejados neste projeto de VAG – Veículo Autônomo Guiado segue uma estrutura básica de um código em C++, que consiste em duas partes principais: a função *setup* e a função *loop*. A função *setup* é executada apenas uma vez, no início do programa, e serve para iniciar as variáveis, os pinos e bibliotecas. A função *loop* é executada repetidamente, em um ciclo infinito, e contém a lógica principal do programa.

No início do código, são definidos os pinos que serão usados para conectar o sensor ultrassônico, o sensor seguidor de linha e a ponte H à placa Arduino. Em seguida, são incluídas as bibliotecas *Ultrasonic.h* e *L298N.h*, que fornecem funções e classes para trabalhar com esses componentes. Depois, são criados dois objetos do tipo *Ultrasonic* e *MOT*, que representam o sensor e a ponte H, respectivamente, além de um objeto do tipo *Sensor1* e *Sensor2* para a leitura da informação enviada pelo seguidor de linha. Esses objetos recebem como parâmetros os pinos que foram definidos anteriormente. Além disso, são definidas duas constantes, que indicam direção e sentido usando lógicas definidas na biblioteca da ponte H.

```

1 #include <L293D_PIXELS.h> //Inclue biblioteca
2 #include <Ultrasonic.h>
3 #define trig 9
4 #define echo 2
5 #define pin_S1 7
6 #define pin_S2 6
7 L293D_PIXELS carro; //Declara instância
8 Ultrasonic ultra(trig, echo);
9 bool Sensor1 = 0;
10 bool Sensor2 = 0;
11
12 void setup() {
13     pinMode(pin_S1, INPUT);
14     pinMode(pin_S2, INPUT);
15 }
16
17 void loop() {
18     int distance = ultra.Ranging(CM);
19     if (distance < 30) {
20         paraCarro();
21         if(distance < 5) carroRe();
22         olhaLados();
23     }
24     else Sensor1 = digitalRead(pin_S1);
25         Sensor2 = digitalRead(pin_S2);
26
27     if((Sensor1 == 0) && (Sensor2 == 0)){
28         carroFrente();

```

Figura 13 – Programação do projeto

Fonte: Grupo

Na função *loop*, é chamado o método *read* do objeto sensor, que retorna a distância em centímetros do objeto mais próximo detectado pelo sensor ultrassônico. Se essa distância for menor que a constante predefinida pelo programador em relação a uma direção (direita ou esquerda) o robô deve girar para o lado livre, movendo dois motores para frente e dois para trás. Se a distância for maior ou igual a predefinição do programador, o robô deve seguir em frente, movendo os dois motores para frente. Para isso, são chamados novamente os métodos de direção e sentido do objeto motor, passando como argumentos as constantes da biblioteca L298N.h e nenhum outro argumento, o que indica se ambos os motores devem ser movidos.

## 16. VIABILIDADE

A viabilidade do projeto está sustentada por diversas razões. Uma delas foi a adoção de materiais acessíveis, facilmente obtidos a um custo relativamente baixo. Os itens utilizados no projeto como Arduino e o Chassi foram escolhas estratégicas que oferecem uma excelente relação custo-benefício.

Outro fator relevante para a viabilidade do projeto foi o grande número de integrantes no grupo. Esse aspecto permitiu uma divisão equitativa das tarefas e dos custos entre os membros, evitando sobrecargas individuais e facilitando o gerenciamento do projeto como um todo.

Dessa forma, a combinação de materiais acessíveis, baixo custo e a presença de um grupo numeroso tornou o projeto altamente viável.

<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
01	Arduino Uno	60,00
02	Baterias de Lítio 18650	20,00
01	Chassi 4WD 04 motores	108,00
01	Chave On/Off	5,00
20	Jumpers MxF	2,50
04	Pilhas AA	12,00
01	Ponte H L293D	25,00
02	Sensor seguidor de linha TCRT5000	15,00
01	Sensor Ultrassônico HC-SR04	15,00
01	Microservomotor SG90 9g	20,00
01	Suporte para bateria de lítio 18650	10,00
01	Suporte para pilhas	10,00
01	Suporte para pilhas	12,00
<b>Total</b>	////////////////////////////////////	<b>314,50</b>

## 17. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O transporte de cargas médias e pesadas representa um segmento crucial em inúmeros setores industriais, enfrentando desafios significativos relacionados à eficiência operacional, segurança e custos. Nesse contexto, a introdução dos Veículos Autônomos Guiados (VAGs) emerge como uma solução promissora para aprimorar esses aspectos, visando tornar o transporte mais rápido, seguro e econômico.

Os acidentes frequentemente associados ao deslocamento de cargas pesadas e médias podem ser significativamente reduzidos com a implementação dos VAGs. Sua precisão e previsibilidade eliminam erros humanos e fatores como fadiga, ao mesmo tempo em que sua capacidade de serem equipados com sensores para detecção e prevenção de impactos aumenta exponencialmente a segurança nas operações de transporte.

Os benefícios potenciais do uso de Veículos Autônomos Guiados para transportar cargas médias e pesadas são notáveis. Esses veículos têm a capacidade de operar ininterruptamente, ampliando a capacidade de transporte e reduzindo os prazos de entrega. A automação nos processos de carga e descarga minimiza os tempos de espera, otimizando substancialmente o fluxo de trabalho nas operações.

Diante dos desafios e necessidades intrínsecas ao transporte de cargas, o desenvolvimento dos Veículos Autônomos Guiados (VAGs) para essa finalidade se mostra como uma solução promissora e relevante. Este estudo possibilitou o projeto de um VAG que não só otimiza operações, mas também prioriza a eficiência e a segurança, sendo um avanço significativo nesse segmento.

Os objetivos estabelecidos por este grupo de TCC foram cumpridos com êxito. O projeto concebeu um Veículo Autônomo Guiado capaz de atender às demandas e desafios da indústria no transporte de cargas médias e pesadas, proporcionando melhorias substanciais em termos de eficiência, segurança e precisão. A integração de sensores para detecção de obstáculos e prevenção de colisões agregou um nível adicional de segurança, destacando-se como um ponto crucial nesse desenvolvimento.

Documentar e apresentar o protótipo de maneira clara e objetiva permitiram compartilhar os resultados e descobertas obtidos durante o desenvolvimento do Veículo Autônomo Guiado (VAG). A essência deste projeto residiu na busca contínua pela

melhoria e evolução no transporte de cargas, visando impactar positivamente a indústria, tornando-a mais eficiente e segura. Este estudo representou não só uma realização acadêmica, mas também um passo significativo rumo a inovações promissoras no setor de transporte de cargas.

## 18. REFERÊNCIAS

ALVES, Pedro. Ponte H – O que é e como funciona!. **Manual da eletrônica**, 2022. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/ponte-h-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: 27 out. 2023.

DIAS, Diego. A história da Logística: origem, evolução e cenário atual. **Trackage**, 2023. Disponível em: <https://www.trackage.com.br/blog/historia-da-logistica/>. Acesso em: 21 set. 2023.

KASSOUF, Samir. Microcontrolador: descubra o que é, como funciona e para que serve. **Kalatec automação**, 2023. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/microcontrolador/>. Acesso em: 19 out. 2023.

LOPES, Adão Amaral. CLP – O que é e como funciona o Controlador Lógico Programável. **Alfacomp**, 2019. Disponível em: <https://alfacomp.net/2021/03/19/clp-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 21 set. 2023.

MELLO, Marcio. O que é um Microcontrolador, para que serve e principais usos. **Victor Vision**, 2022. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-um-microcontrolador/>. Acesso em: 19 out. 2023.

PALMA, Newton. A logística do futuro. **Agência de notícias da indústria**, 2021. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/a-logistica-do-futuro/>. Acesso em: 20 set. 2023.

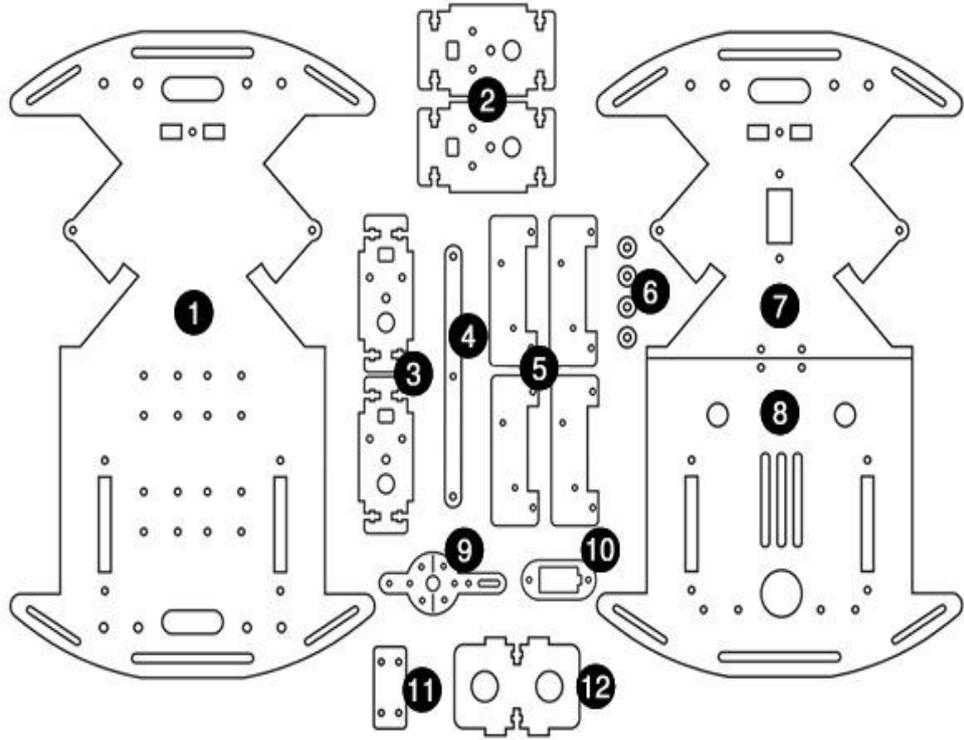
PENIDO, Édilus De Carvalho Castro; TRINDADE, Ronaldo Silva. Microcontroladores. **IFMG**, 2011. Disponível em: [https://www2.ifmg.edu.br/ceadop3/apostilas/microcontroladores#:~:text=Os%20microcontroladores%20surgiram%20como%20uma,conjunto%20de%20processador%20e%20software](https://www2.ifmg.edu.br/ceadop3/apostilas/microcontroladores#:~:text=Os%20microcontroladores%20surgiram%20como%20uma,conjunto%20de%20processador%20e%20software.). Acesso em: 18 out. 2023.

ROBÓTICA, Casa Da . Motor DC 3v a 6V com Caixa de Redução em L 90 Graus - 200 RPM. **Casa da robótica**, 2023. Disponível em: [https://www.casadarobotica.com/robotica/atuadores/motores-dc/motor-dc-3v-a-6v-com-caixa-de-reducao-em-l-90-graus-200-rpm#:~:text=Atrav%C3%A9s%20dos%20dois%20polos%20existentes,que%20a%20tens%C3%A3o%20%C3%A9%20aplicada](https://www.casadarobotica.com/robotica/atuadores/motores-dc/motor-dc-3v-a-6v-com-caixa-de-reducao-em-l-90-graus-200-rpm#:~:text=Atrav%C3%A9s%20dos%20dois%20polos%20existentes,que%20a%20tens%C3%A3o%20%C3%A9%20aplicada.). Acesso em: 19 out. 2023.

ROBÓTICA, Usinainfo Eletrônica &. Motor DC 3-6V 200RPM com Caixa de Redução e Eixo Duplo 48:1. **Usinainfo Eletrônica & Robótica**, 2023. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/motor-dc/motor-dc-3-6v-200rpm-com-caixa-de-reducao-e-eixo-duplo-481--3161.html>. Acesso em: 27 out. 2023.

S.A, Altus. A história dos controladores programáveis. **Altus**, 2023. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/505/a-historia-do-controlador-programavel>. Acesso em: 21 set. 2023.

## 19. APÊNDICE



**FOLHA DE REVISÃO TÉCNICA**

ESTA MONOGRAFIA FOI REVISADA PELO(A) PROF(A)

\_\_\_\_\_.

RG \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_,

DA INSTITUIÇÃO \_\_\_\_\_

NO DIA \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Ass.: \_\_\_\_\_

## FOLHA DE REVISÃO - LÍNGUA PORTUGUESA

ESTA MONOGRAFIA FOI REVISADA PELO(A) PROF(A)

Denise Landi Corrales GuaranhaRG 16.156.053-2, CPF 058.446.028-70DA INSTITUIÇÃO Etéc Martin Luther KingNO DIA 4/12/23Ass.: 

## FOLHA DE REVISÃO - LÍNGUA INGLESA

ESTA MONOGRAFIA FOI REVISADA PELO(A) PROF(A)

Fabiana IgnácioRG 27.223.567-2, CPF 267.958.708-12DA INSTITUIÇÃO Etec Martin Luther KingNO DIA 05/04 2023

Ass.:

Fabiana Ignácio