

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Escola Técnica Estadual Professor Alfredo de Barros Santos

Curso Técnico em Eletromecânica

ARCA 308:

Protótipo de Sistema de Transporte Via Bluetooth Aplicado à Indústria

¹Vitória Eduarda Henrique Lourenço dos Reis

²Matheus Henrique de Oliveira Prado

³Kaique Augusto dos Santos Costa

⁴Juliana Soares Gonçalves

RESUMO: Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo móvel automatizado, controlado remotamente via Bluetooth, com o objetivo de realizar o transporte interno de ferramentas em ambientes industriais. A proposta visa reduzir o esforço ergonômico dos trabalhadores e otimizar a logística interna por meio da automação de processos de apoio, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0. O sistema foi construído com base na plataforma Arduino Uno, utilizando motores, estrutura de chassi, módulo Bluetooth e componentes auxiliares, permitindo controle sem fio por dispositivos móveis. A metodologia empregada abrangeu pesquisa bibliográfica, seleção de componentes, montagem do protótipo e testes práticos de funcionamento. Os resultados indicaram que o protótipo atende aos requisitos de praticidade, baixo custo e funcionalidade, apresentando potencial de aplicação em contextos industriais reais. O projeto demonstrou que a adoção de tecnologias simples e acessíveis pode trazer ganhos significativos em ergonomia, eficiência operacional e inovação nos processos logísticos internos.

PALAVRAS-CHAVE: Automação. Indústria 4.0. Arduino. Bluetooth. Ergonomia.

¹Técnico em Eletromecânica, na Etec Professor Alfredo de Barros Santos – Lourencovitoriaeduarda@gmail.com

²Técnico em Eletromecânica, na Etec Professor Alfredo de Barros Santos – Matheus.oliveiraprado63@gmail.com

³Técnico em Eletromecânica, na Etec Professor Alfredo de Barros Santos – Kaiqueaugusto775578@gmail.com

⁴Técnico em Eletromecânica, na Etec Professor Alfredo de Barros Santos – Juh29062008@gmail.com

ABSTRACT: This article presents the development of an automated mobile prototype, remotely controlled via Bluetooth, aimed at performing internal tool transport in industrial environments. The proposal seeks to reduce workers' ergonomic strain and optimize internal logistics through the automation of support processes, aligning with Industry 4.0 principles. The system was built using the Arduino Uno platform, incorporating motors, chassis structure, Bluetooth module, and auxiliary components, enabling wireless control via mobile devices. The methodology included bibliographic research, component selection, prototype assembly, and practical functionality testing. Results showed that the prototype meets the requirements of practicality, low cost, and functionality, demonstrating potential for application in real industrial contexts. The project proved that adopting simple and accessible technologies can provide significant improvements in ergonomics, operational efficiency, and innovation in internal logistics processes.

KEYWORDS: Automation, Industry 4.0, Arduino, Bluetooth, Ergonomics.

1 INTRODUÇÃO:

Vivemos em um mundo cada vez mais globalizado e impulsionado por inovações constantes. Nesse cenário, a automação vem se consolidando como um dos pilares das transformações tecnológicas que caracterizam a chamada Quarta Revolução Industrial. De acordo com a revista científica *VISTACIEN* (ISSN 2965-4858, v.1, n.2, 2023), autores como Eduardo Albertino Vuala, Sousa, Rodger Roberto Alves de Souza, James Land Carth e Ericksen da Silva Nascimento destacam o crescimento da automação em atividades tanto físicas quanto cognitivas. Essa expansão traz oportunidades para o setor, especialmente nas áreas técnicas e operacionais, mas também impõe desafios, como os altos custos de implementação, a necessidade de manutenção contínua e a capacitação de mão de obra qualificada.

O diferencial competitivo entre empresas frequentemente está na adoção de ferramentas tecnológicas. Conforme aponta a *Revista Fatec Sebrae em Debate: Gestão, Tecnologias e Negócios* (2020), essas ferramentas podem ser aplicadas em diversas áreas da organização, oferecendo ao gestor subsídios para tomadas de decisão mais precisas, baseadas em dados reais, o que torna a empresa mais dinâmica, preparada e competitiva.

Apesar dos avanços da automação, muitas tarefas de apoio, como o transporte interno de ferramentas, ainda são realizadas manualmente. Isso resulta em baixa produtividade, maior esforço físico dos trabalhadores e aumento do risco de acidentes.

Há, portanto, uma demanda por soluções automatizadas simples e acessíveis, que possam otimizar esses processos e melhorar a ergonomia no ambiente industrial.

Entretanto, a integração de tecnologias automatizadas nos processos fabris ainda enfrenta obstáculos, como os custos iniciais, limitações técnicas e a resistência à adaptação por parte da força de trabalho. Diante desse cenário, este trabalho investiga a aplicação de um protótipo móvel automatizado, controlado via Bluetooth, como alternativa viável para enfrentar esses desafios e melhorar a eficiência dos processos logísticos internos.

A automação, portanto, mostra-se essencial não apenas para o presente, mas também para responder às exigências cada vez mais dinâmicas do mercado. Espera-se que, com o desenvolvimento e aplicação deste protótipo, seja possível aumentar em até 75% a eficiência das operações realizadas pelos colaboradores, em comparação aos métodos manuais atualmente utilizados.

Além disso, o trabalho propõe discutir o impacto da adoção de tecnologias digitais nos processos organizacionais, ampliando a visão estratégica da empresa e fortalecendo sua posição no mercado por meio de melhores negociações, inovações e competitividade. Um exemplo prático dessa tendência é o desenvolvimento de aplicativos que facilitam a emissão de ordens de serviço e a programação de tarefas dentro do ambiente industrial.

1.1 Delimitação do Problema

Este trabalho delimita-se ao desenvolvimento e à análise da aplicação de um sistema automatizado voltado ao transporte de ferramentas em ambientes industriais, tendo como base a construção de um protótipo móvel automatizado e controlado remotamente por meio de um módulo Bluetooth integrado ao microcontrolador Arduino Uno. A proposta insere-se no contexto da indústria e visa compreender de que forma soluções simples de automação podem contribuir para melhoria de processos de apoio logístico interno, tanto na produtividade industrial quanto na ergonomia do trabalhador, tratando especificamente do deslocamento de utensílios e ferramentas utilizadas durante a execução de atividades dos operários.

1.2 Objetivos:

1.2.1 Objetivo Geral:

Desenvolver e analisar a aplicação de um protótipo móvel automatizado, controlado eletronicamente por meio de comunicação Bluetooth, com o intuito de investigar seu impacto como solução de automação em processos de apoio logístico no contexto da indústria eletromecânica.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Projetar a estrutura mecânica e o sistema eletrônico de um protótipo móvel automatizado para transporte de ferramentas.
- Implementar o controle remoto da plataforma por meio de comunicações Bluetooth utilizando do microcontrolador Arduino Uno.
- Realizar testes funcionais em ambiente simulado para avaliar o desempenho, a estabilidade e a eficiência da solução proposta.
- Analisar os impactos da aplicação do protótipo em termos de ergonomia, tempo de deslocamento e apoio à rotina dos operários em ambientes industriais.
- Identificar limitações do sistema desenvolvido e propor sugestões para futuras melhorias e expansão do projeto.

1.3 Justificativa:

Com o avanço da automação industrial, cresce a demanda por soluções que otimizem não apenas os processos produtivos, mas também as tarefas operacionais de apoio, como o transporte interno de ferramentas e equipamentos. Em muitas indústrias, esse tipo de atividade ainda é realizado manualmente, o que pode comprometer a eficiência do trabalho, gerar atrasos e ocasionar desgaste físico aos colaboradores. A ausência de sistemas auxiliares para essas tarefas simples, porém recorrentes, contribui para a perda de tempo produtivo e aumenta o risco de problemas operacionais.

Nesse contexto, a implementação de uma plataforma móvel controlada remotamente representa uma alternativa viável, de baixo custo e fácil integração em ambientes industriais. Dessa forma, este trabalho justifica-se pela necessidade de integrar soluções simples de automação ao cotidiano industrial, promovendo maior conforto,

segurança e agilidade nas atividades de apoio logístico. A proposta visa demonstrar que é possível aplicar tecnologias compactas e modulares em tarefas pontuais com resultados significativos na organização, ergonomia e produtividade no ambiente fabril.

1.4. Estrutura do Trabalho:

1. Definição do objetivo: construção de um protótipo funcional de transporte de ferramentas;
2. Levantamento de requisitos: baixo custo, controle remoto, praticidade e eficiência;
3. Pesquisa bibliográfica: consulta a livros, artigos e tutoriais sobre Arduino, Bluetooth e automação;
4. Aquisição de componentes: Arduino Uno, módulo Bluetooth HC-05, ponte H L298N, motores DC, rodas, bateria e estrutura de suporte;
5. Montagem do circuito: integração dos componentes eletrônicos e estrutura física;
6. Programação: desenvolvimento do código para controle dos motores via sinal Bluetooth;
7. Testes: verificação da resposta aos comandos, capacidade de transporte e manobrabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO:

2.1 Introdução ao Desenvolvimento do Protótipo Físico

No artigo “A importância das redes nos processos de inovação e internacionalização de empresas de base tecnológica” (v. 7 n. 1, 2010), retrata o assunto sobre as pesquisas no desenvolvimento do desempenho das empresas e suas características desejáveis que são: proatividade, inovação e inserção numa rede de relacionamentos. Portanto, uma grande parte dos estudos se concentra na análise dos países desenvolvidos e com mercados domésticos menores. O estudo focou em empresas brasileiras, com o objetivo de analisar a maneira de como as pessoas se relacionam e como isso influencia na internacionalização. Trata-se de um estudo de natureza subjetiva, conduzido por empresas de base tecnológica do polo tecnológico de Florianópolis. Os resultados demonstraram que as empresas contribuem com

importância às redes nas suas atividades de internacionalização. Utilizado como fonte de informação, têm acesso facilitado aos mercados externos. Com isso, algumas empresas se percebem inovadoras, liderando o desenvolvimento de tecnologia dos seus setores no país, no entanto, o seu desempenho nas atividades internacionais não configura processos de internacionalização acelerados. Contudo, o estudo mostra evidências da importância das redes na busca de um método de inovação.

Com o crescimento da tecnologia as grandes empresas procuram perpetrar novas maneiras para facilitar o trabalho manual de seus operários, de acordo com o artigo publicado na revista digital ItForum (2024), a Associação das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação e de Tecnologias Digitais (Brasscom), em 2023 a sua última edição anual do Relatório Setorial do Macrossetor de TIC (são denominadas de acordo com a Brasscom, empresas de Tecnologias (TI), Telecom (C) e o Ti In House que são os profissionais que trabalham em empresas de outros ramos, mostrou um crescimento no setor tecnológico brasileiro, adquirindo uma representatividade maior no PIB brasileiro, ao decorrer dos últimos 3 anos, obteve em média 11,9% de crescimento, que chegou a alcançar um total 707,7 bilhões apenas no ano de 2023.

Após a realização de pesquisas sobre inovações tecnológicas, conclui-se que a criação de um protótipo auxiliar será fundamental para facilitar o trabalho dos colaboradores em empresas com processos de manutenção complexos. O protótipo foi desenvolvido com base de programação pelo Arduino Uno, uma plataforma utilizada em projetos que demandam um número reduzido de portas, como é o caso deste projeto específico. O Arduino Uno pode ser empregado para controlar motores, acionar luzes, ativar sensores de presença, movimentar carrinhos, entre outras funcionalidades.

O funcionamento do Arduino Uno assemelha-se ao de uma placa de computador, sendo capaz de interpretar entradas e controlar suas saídas, viabilizando a criação de sistemas automáticos. Para que o dispositivo consiga realizar essas tarefas, é necessário programá-lo, especificando as ações que ele deverá executar em diferentes situações. Esse processo será realizado por meio de códigos sequenciais que orientam suas decisões. A plataforma é altamente recomendada devido ao seu baixo custo e à facilidade de uso no ambiente de programação.

2.2 História dos Sistemas Móveis

A origem dos sistemas móveis remonta às primeiras iniciativas de automação industrial, especialmente a partir da terceira revolução industrial, na segunda metade do século XX, quando os primeiros robôs industriais foram introduzidos nas linhas de produção.

Na década de 1950, surgiram os primeiros protótipos de veículos autoguiados (AGVs - Automated Guided Vehicles) utilizados em fábricas para o transporte de materiais, embora rudimentares, representaram um marco no uso de plataformas móveis. Inicialmente foram projetados para operarem por meio de trilhos, fios enterrados ou marcadores visuais no chão; ao longo do tempo foram evoluindo para introdução de sensores, sistemas de controle embarcados e tecnologias sem fio.

Com o avanço da robótica móvel e o desenvolvimento de microcontroladores como o Arduino, tornou-se possível projetar plataformas automatizadas de baixo custo, acessíveis e customizáveis. A popularização de módulos de comunicação Bluetooth, Wi-Fi e RF contribuiu para a construção de robôs móveis capazes de operar por controle remoto ou de forma autônoma, inclusive fora do ambiente industrial.

Segundo Siqueira et al. (2020), "a utilização de plataformas embarcadas como o Arduino em sistemas de automação industrial tem ganhado destaque por sua acessibilidade, versatilidade e capacidade de integração com sensores e atuadores em tempo real, promovendo soluções de baixo custo e alta adaptabilidade" (SIQUEIRA et al., 2020, p. 45). No contexto industrial moderno esta tecnologia está alinhada aos princípios da Indústria 4.0, que busca integrar sistemas físicos e digitais para aumentar a eficiência e flexibilidade dos processos produtivos, tendo atualmente aplicação em uma alta gama de setores.

2.5 Metodologia do Desenvolvimento do Produto, Serviço e Protótipo

2.5.1 Desenvolvimento do Produto

O artigo *Recent Developments in Resilient Robot* analisa os avanços no campo da robótica na parte da resiliência e mostra a importância da capacidade dos robôs de recuperar suas funções após receber algum dano, também mostra a diferença no conceito de resiliência para outros parecidos, como autocura e robustez. Esse

conceito é diretamente aplicável no projeto do carrinho autônomo. A resiliência em robôs é algo importante para garantir que o carrinho possa continuar operando ou se recuperar de falhas, como problema com sensores ou interrupções na trilha de linha. O artigo discute desafios no design do sistema de controle e na arquitetura dos robôs, sugerindo que a integração de mecanismo de recuperação e estratégia de controle adaptáveis pode ser benéfica.

Para aplicar isso no projeto, o sistema precisa lidar com obstáculos na linha, isso é feito através de ajustes automáticos na trajetória ou o uso de sensores. A arquitetura física do carrinho deve ser modular e robusta, permitindo que seja de fácil acesso a substituição dos componentes danificados, como sensores ou rodas, sem a necessidade de interromper a operação por muito tempo. O artigo também destaca a importância dos sistemas de conexão física e mostra que conexões duráveis podem ajudar a minimizar o impacto das falhas. Baseando-se em sistemas biológicos, o conceito de resiliência pode ser usado para aumentar a adaptação do carrinho, permitindo com que ele se adapte às condições variáveis e continue funcionando mesmo após receber algum dano. O artigo também aponta direções futuras para o desenvolvimento de robôs mais resilientes, o que pode inspirar melhorias contínuas na tecnologia de sensores, design molar e sistema de controle para aumentar a eficiência de confiabilidade do carrinho autônomo.

2.5.1.1 Funcionamento de cada Componente do Protótipo

Descrição do Circuito Elétrico: O sistema proposto utiliza um microcontrolador Arduino Uno como unidade central de controle, sendo responsável pela comunicação, recepção de comandos via Bluetooth e acionamento dos motores. O circuito é alimentado por uma bateria de 9V conectada diretamente ao Arduino, enquanto um suporte para quatro pilhas AAA (6V) fornece energia ao módulo ponte H L298N e aos motores.

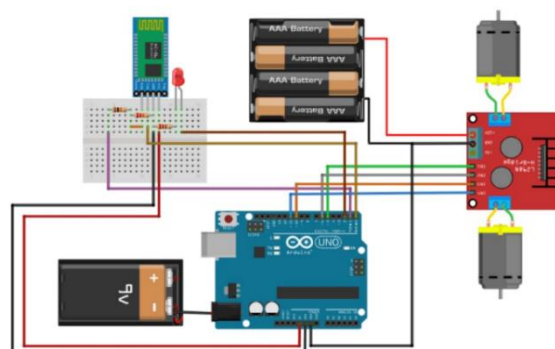
A comunicação sem fio é realizada por meio de um módulo Bluetooth HC-05, conectado à protoboard. Este módulo está interligado ao Arduino Uno através das portas digitais, utilizando resistores para adaptação de tensão e proteção do módulo. O pino TX do HC-05 está conectado ao RX do Arduino (pino digital 0), e o pino RX do

HC-05 ao TX do Arduino (pino digital 1), passando por um divisor de tensão com dois resistores (1kΩ e 2kΩ) para ajustar o nível de 5V para 3.3V, compatível com o módulo.

Um LED com resistor limitador de corrente está conectado na protoboard como indicador de status, alimentado pela mesma linha positiva da protoboard.

Para o controle de dois motores DC, foi utilizado o módulo ponte H L298N. Os motores estão conectados às saídas do módulo (OUT1, OUT2 para o motor A; OUT3, OUT4 para o motor B). O pino de alimentação do módulo (VCC) é alimentado com 6V provenientes das pilhas AAA, e o pino GND está conectado ao GND comum do sistema. O pino ENA e ENB (ativação dos canais A e B, respectivamente) estão conectados ao Arduino para controle da velocidade via sinal PWM. Os pinos IN1 a IN4 do módulo L298N estão conectados aos pinos digitais do Arduino Uno (D4, D5, D6 e D7), permitindo o controle da direção de rotação de cada motor.

Todos os componentes compartilham um GND comum, garantindo o funcionamento correto do sistema de controle.



Fonte: Autoria própria

Lógica de Controle Programada no Arduino: O controle do protótipo foi implementado por meio de um programa desenvolvido na linguagem C/C++ utilizando a plataforma Arduino. A lógica embarcada é responsável por interpretar comandos recebidos via módulo Bluetooth HC-06, traduzindo-os em sinais de controle para o módulo ponte H L9110, que por sua vez aciona os motores responsáveis pelo deslocamento do sistema.

No código, os pinos digitais do Arduino Uno são configurados como saídas para controle dos dois canais do L9110, representando os pares A-IA/A-IB e B-IA/B-IB. Cada par controla a polaridade de tensão aplicada a um motor, permitindo seu acionamento em ambos os sentidos de rotação.

Após a inicialização da comunicação serial a 9600 bps, o microcontrolador permanece em escuta contínua. Quando um caractere é recebido via Bluetooth, ele é processado por meio de uma estrutura condicional switch, que executa funções específicas de controle:

- 'F' (forward): deslocamento para frente;
- 'B' (backward): deslocamento para trás;
- 'L' (left): rotação à esquerda;
- 'R' (right): rotação à direita;
- 'T' (stop): parada imediata do sistema.

As funções definem o estado lógico (nível alto ou baixo) de cada pino de controle, determinando o sentido de rotação dos motores e, conseqüentemente, o movimento do protótipo. O controle distribuído em funções também favorece a modularização e facilita futuras modificações no sistema.

```
// Definição dos pinos do L9110
int motorA1 = 6; // A-IA
int motorA2 = 5; // A-IB
int motorB1 = 4; // B-IA
int motorB2 = 3; // B-IB

char comando;

void setup() {
  pinMode(motorA1, OUTPUT);
  pinMode(motorA2, OUTPUT);
  pinMode(motorB1, OUTPUT);
  pinMode(motorB2, OUTPUT);

  // Comunicação serial com HC-05
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  if (Serial.available()) {
    comando = Serial.read();

    switch (comando) {
      case 'F': frente(); break;
      case 'B': tras(); break;
      case 'L': esquerda(); break;
      case 'R': direita(); break;
      case 'T': parar(); break;
    }
  }

  void frente() {
    digitalWrite(motorA1, HIGH);
    digitalWrite(motorA2, LOW);
    digitalWrite(motorB1, HIGH);
    digitalWrite(motorB2, LOW);
  }

  void tras() {
    digitalWrite(motorA1, LOW);
    digitalWrite(motorA2, HIGH);
    digitalWrite(motorB1, LOW);
    digitalWrite(motorB2, HIGH);
  }

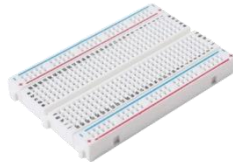
  void esquerda() {
    digitalWrite(motorA1, LOW);
    digitalWrite(motorA2, HIGH);
    digitalWrite(motorB1, HIGH);
    digitalWrite(motorB2, LOW);
  }

  void direita() {
    digitalWrite(motorA1, HIGH);
    digitalWrite(motorA2, LOW);
    digitalWrite(motorB1, LOW);
    digitalWrite(motorB2, HIGH);
  }

  void parar() {
    digitalWrite(motorA1, LOW);
    digitalWrite(motorA2, LOW);
    digitalWrite(motorB1, LOW);
    digitalWrite(motorB2, LOW);
  }
}
```

Fonte: Autoria própria

Protoboard: Plataforma eletrônica utilizada para conectar componentes sem a necessidade de soldagem. Sua principal vantagem reside na facilidade de testar circuitos de maneira rápida e eficiente, antes da implementação da versão final do projeto. No contexto deste projeto, a protoboard será empregada para montar e testar os circuitos do carrinho, interligando sensores, motores e o Arduino. Na versão final, a protoboard poderá ser substituída por conexões soldadas, caso necessário.



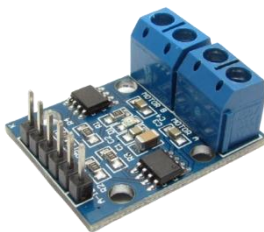
Fonte: <https://www.makerhero.com>

Arduino Uno: Microcontrolador que atuará como o "cérebro" do carrinho. Ele será responsável por receber, processar e executar dados e informações, controlando todos os componentes do sistema. O Arduino comandará o comportamento do carrinho com base nas informações recebidas dos sensores, tomando decisões para otimizar os movimentos e garantir o funcionamento adequado do veículo.



Fonte: <https://www.casadarobotica.com>

Módulo de Driver Ponte H L298: Dispositivo eletrônico responsável por controlar a direção e a velocidade de motores de corrente contínua (DC) ou motores de passo, em conjunto com o Arduino. Além disso, esse componente protege o microcontrolador contra correntes excessivas, pois gerencia a alimentação dos motores. No contexto deste projeto, o driver L298 será utilizado para controlar os motores do carrinho, que, provavelmente, serão de corrente contínua e responsáveis pela movimentação das rodas.



Fonte: <https://www.moduloeletronica.com.br>

Módulo Bluetooth HC-06: Dispositivo de comunicação sem fio baseado na tecnologia Bluetooth 2.0, utilizado para estabelecer conexões seriais entre microcontroladores e dispositivos externos. Através do HC-06, comandos enviados por um smartphone são recebidos pelo microcontrolador Arduino Uno, que, por sua vez, aciona os motores de tração por meio do Driver Ponte H L298, permitindo que o usuário tenha controle remoto da plataforma.



Fonte: <https://www.mercadolivre.com.br>

Célula de Bateria 9V: Fonte de energia elétrica portátil composta por células internas conectadas em série. No contexto deste trabalho, foi utilizada como fonte de energia primária do sistema, alimentando o Arduino Uno e o Módulo HC-06. Sua aplicação permitiu tornar o protótipo completamente portátil, dispensando o uso de fontes de energia externas durante os testes de movimentação.



Fonte: <https://lista.mercadolivre.com.br>

Conector Clip para Bateria 9V: Dispositivo utilizado para estabelecer a conexão elétrica entre uma bateria 9V e os outros componentes de um circuito. Composto por dois terminais metálicos (positivo e negativo) fixados a uma base plástica. Foi utilizado no protótipo como interface entre a bateria 9V e os demais componentes do circuito.



Fonte: <https://www.makerhero.com>

Cabos de Interligação (macho-macho): Condutores elétricos flexíveis utilizados para estabelecer conexões diretas entre dois pontos com conectores fêmea, possui

as suas duas pontas tipo macho (pino). Foi utilizado para realizar as conexões elétricas entre o Arduino Uno e os demais componentes.



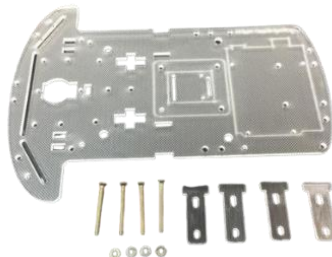
Fonte: <https://loja.forsetisolucoes.com.br>

Cabos de interligação (macho-fêmea): Condutores elétricos flexíveis utilizados para estabelecer conexões dentro de um circuito eletrônico, possui uma ponta tipo macho (pino) e outra tipo fêmea (soquete). Foi utilizado para realizar as conexões elétricas entre o Arduino Uno e os demais componentes.



Fonte: <https://www.casadarobotica.com>

Kit de Chassi: Conjunto estrutural pré-fabricado, geralmente composto por placas de acrílico, MDF, alumínio ou outros materiais leves e resistentes, projetado para servir como base mecânica de projetos robóticos e sistemas móveis. No contexto deste projeto, o kit é utilizado como estrutura principal para suporte do sistema eletrônico e da base construída com segmentos de madeira.



Fonte: <https://www.mamuteeletronica.com.br>

Rodas de tração com pneu: Componentes de locomoção desenvolvidos para garantir aderência, tração e estabilidade em plataformas móveis robóticas. Elas são, em geral, compostas por um aro central (frequentemente de plástico ou metal)

acoplado a um pneu de borracha ou silicone, o que permite ao robô movimentar-se sobre diferentes tipos de superfície com maior controle e eficiência. No contexto deste projeto foi fundamental para tração da plataforma.



Fonte: <https://shopee.com.br>

Rodízio Giratório: Componente mecânico de locomoção utilizado para proporcionar mobilidade e apoio a estruturas móveis. Trata-se de uma roda montada sobre um suporte com eixo rotativo vertical, que permite sua rotação em 360 graus em torno do próprio eixo. No contexto deste projeto, foi instalado na parte frontal da plataforma móvel, servindo como ponto de apoio livre. Sua função é permitir que a plataforma execute curvas com suavidade, realizando mudanças de direção de forma eficiente.



Fonte: <https://www.topopcoes.com.br>

Caixa Paletizada: Madeira cortada em formato de caixote. Foi utilizada como estrutura para comportar o porte de ferramentas pequenas, foi fixada na base da plataforma móvel, de maneira estável para o transporte de itens.



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br>

Chapa de Acrílico 30x30cm por 2mm: Placa de Acrílico transparente de 30x30cm e 2mm de espessura. Foi recortada ao modelo ideal para que se encaixe nas determinações métricas da caixa de madeira.



Fonte: <https://www.elastobor.com.br>

Cola de silicone PU 40: Na montagem do protótipo, foi utilizada a cola de silicone PU40 transparente para a fixação das placas de acrílico na estrutura do carrinho. Esse tipo de adesivo é à base de poliuretano, conhecido por sua alta resistência mecânica, excelente aderência a diferentes superfícies e durabilidade. A escolha da PU40 se deu por sua capacidade de formar uma união forte e elástica, além de ser transparente, o que contribuiu para um acabamento estético mais limpo e discreto. Sua aplicação dispensou o uso de fixadores metálicos, reduzindo o peso e simplificando a montagem da estrutura.



Fonte: <https://www.starhouse.com.br>

2.5.1.2 Serviço

A construção do protótipo móvel automatizado foi conduzida integralmente pelos autores deste trabalho, que atuaram como mão de obra técnica em todas as etapas do desenvolvimento. A execução prática demandou conhecimentos em eletrônica, programação embarcada, mecânica básica e integração de sistemas, sendo fundamental para a consolidação dos conceitos teóricos estudados ao longo da formação acadêmica.

O processo de montagem iniciou-se com o planejamento do sistema físico, considerando a finalidade do equipamento: o transporte interno de ferramentas em ambientes industriais. A estrutura foi projetada para garantir estabilidade e resistência, adotando uma base com rodas acopladas a moto redutores de corrente contínua,

capazes de suportar cargas moderadas e deslocar-se com precisão em trajetos pré-definidos.

A unidade de controle foi implementada com o microcontrolador Arduino Uno, que, por meio do módulo Bluetooth HC-05, permite a comunicação sem fio entre o protótipo e um dispositivo móvel. A montagem elétrica envolveu a interligação de componentes como drivers de motor, sensores e fontes de alimentação, exigindo atenção quanto ao isolamento de sinais, organização dos condutores e segurança do circuito.

Durante a integração dos módulos, foi priorizada uma disposição funcional dos elementos, de modo a facilitar o acesso para manutenção, substituição de peças e testes operacionais. A fixação adequada dos componentes à estrutura mecânica buscou minimizar vibrações e garantir a durabilidade do sistema em ambiente simulado de uso industrial.

O desenvolvimento do código embarcado foi realizado paralelamente à montagem, com uma abordagem iterativa. Foram conduzidos testes parciais em cada subsistema, permitindo a validação gradual do funcionamento do protótipo. Esse processo possibilitou ajustes na lógica de controle, melhorias na resposta aos comandos via Bluetooth e refinamentos na precisão de movimentação do carrinho automatizado.

Dessa forma, a participação ativa da equipe na montagem e programação do sistema contribuiu não apenas para o sucesso do projeto, mas também para a capacitação prática dos envolvidos, destacando-se como uma aplicação concreta dos princípios da automação industrial no contexto da Indústria 4.0.



Fonte: Autoria própria

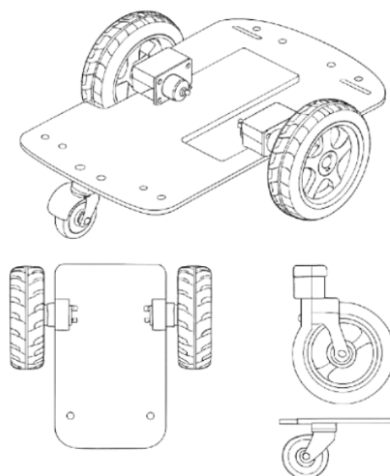
2.5.1.3 Protótipo

O protótipo desenvolvido consiste em uma plataforma móvel automatizada com capacidade de deslocamento remoto, projetada para realizar o transporte interno de ferramentas em ambientes industriais simulados. A estrutura física foi montada a partir de um kit de chassi adaptado, rodas de tração, rodízio giratório frontal e uma caixa paletizada fixada para comportar utensílios de pequeno porte.

O sistema embarcado é composto pelo microcontrolador Arduino Uno, responsável pelo processamento dos comandos, um módulo Bluetooth HC-06 para comunicação sem fio e um driver de ponte H L298N para controle dos motores de corrente contínua. Toda a alimentação elétrica é fornecida por uma bateria de 9V, conectada por meio de um clip apropriado.

O funcionamento do protótipo baseia-se na recepção de comandos enviados por um smartphone, que são interpretados pelo Arduino e convertidos em movimentos direcionais (frente, ré, esquerda, direita e parada). Essa interação possibilita ao operador controlar o carrinho de forma intuitiva e segura, promovendo ganhos em ergonomia e eficiência logística.

A montagem e integração dos componentes foram feitas com atenção à modularidade, visando facilitar manutenções futuras e possíveis expansões do projeto. O resultado é uma solução funcional, de baixo custo e aplicável a diversos contextos industriais que demandem automação em tarefas de apoio.



Fonte: Autoria própria

2.6 Custos do Produto, Serviço e Protótipo

2.6.1 Lista de materiais e custos

LISTA DE MATERIAIS		
QUANTIDADE	MATERIAL	VALOR
1	Protoboard	R\$ 12,90
1	Kit de chassi	R\$ 56,90
1	Arduino UNO	R\$ 90,16
1	Módulo de Driver Ponte H L298	R\$ 18,90
2	Rodas de tração com pneu	R\$ 59,90
1	Cabos de Interligação (macho-fêmea)	R\$ 05,60
1	Cabos de Interligação (macho-macho)	R\$ 05,60
1	Módulo Bluetooth HC-06	R\$ 46,99
1	Conector Clip para Bateria 9V	R\$ 05,60
1	Rodízio giratório	R\$ 39,90
1	Célula de Bateria 9V	R\$ 25,00
1	Caixa Paletizada	R\$ 50,00
1	Chapa de Acrílico 30x30cm	R\$ 25,00
1	Cola de silicone PU 40	R\$ 15,73
TOTAL		R\$ 461,18

(O preço pode variar até o final do projeto)

3 RESULTADO

Após a finalização da montagem e programação do protótipo móvel automatizado, foram realizados testes práticos em ambiente simulado, com o objetivo de avaliar seu desempenho em termos de controle, funcionalidade e eficiência no transporte de ferramentas. O sistema respondeu adequadamente aos comandos enviados via aplicativo móvel por meio da conexão Bluetooth, apresentando deslocamentos suaves nas direções previstas: frente, ré, esquerda, direita e parada.

A estrutura mecânica demonstrou boa estabilidade durante a movimentação, suportando com segurança o transporte de pequenos objetos em uma caixa paletizada fixada na base. A comunicação entre o módulo Bluetooth HC-06 e o Arduino Uno ocorreu sem falhas significativas, e os motores, controlados pela ponte H L298N, operaram de forma eficiente, mesmo sob carga moderada.

Em termos de desempenho, o protótipo permitiu uma redução considerável no tempo gasto em tarefas simuladas de deslocamento manual, além de minimizar o esforço físico exigido dos operadores. Estima-se, com base nos testes realizados, um ganho de até 75% na eficiência operacional, considerando a comparação com o transporte realizado manualmente.

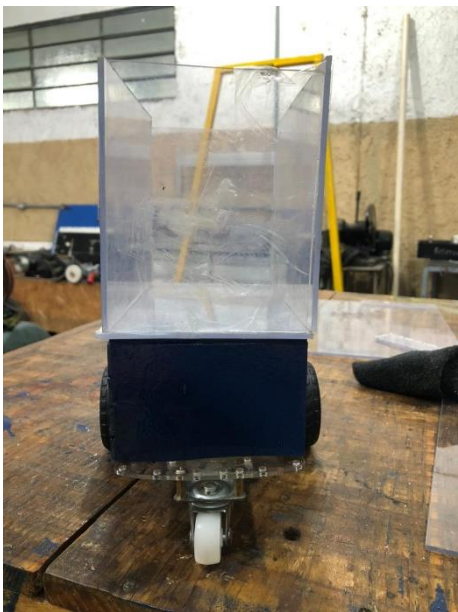
Além disso, o baixo custo dos materiais e a simplicidade da montagem indicam que a solução é economicamente viável e facilmente replicável em diferentes ambientes industriais. A modularidade do projeto também favorece futuras expansões, como a adição de sensores para navegação autônoma ou integração com sistemas de gestão de tarefas industriais.



Fonte: Aatoria própria



Fonte: Aatoria própria



Fonte: Aatoria própria



Fonte: Aatoria própria

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do protótipo móvel automatizado demonstrou que é possível aplicar soluções de automação simples, acessíveis e eficientes para otimizar tarefas de apoio logístico em ambientes industriais. A integração entre o microcontrolador Arduino Uno, o módulo Bluetooth e os demais componentes eletrônicos e mecânicos resultou em um sistema funcional, capaz de ser controlado remotamente com precisão e estabilidade.

Os testes práticos comprovaram que o protótipo atendeu aos objetivos propostos, oferecendo vantagens como redução do esforço físico dos trabalhadores, aumento da segurança operacional e melhoria significativa na eficiência de tarefas repetitivas. Com ganhos estimados de até 75% no tempo de execução, a solução proposta se mostra promissora para pequenas e médias empresas que desejam incorporar a automação em seus processos com baixo investimento.

Conclui-se que a adoção de tecnologias embarcadas e modulares, como o Arduino, pode ser uma alternativa eficaz para fomentar a Indústria 4.0 em diferentes contextos produtivos. Para trabalhos futuros, recomenda-se a implementação de sistemas autônomos de navegação, sensores de obstáculos e melhorias estruturais que ampliem a robustez e a aplicabilidade do sistema em ambientes reais de produção.

REFERÊNCIAS

SILVA, Ana Lucia Gonçalves da; LAPLÂNES, Mariano Francisco. Dinâmica recente da indústria brasileira e desenvolvimento competitivo. *Revista Científica VISTACIEN*, v. 1, n. 2, 2023. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8643219/10767>.

Acesso em: 10 jun. 2025.

A IMPORTÂNCIA das redes nos processos de inovação e internacionalização de empresas de base tecnológica. *Revista Científica*, v. 7, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.revista.fatecsebrae.edu.br/index.php/em-debate/article/view/138>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ITFORUM. Setor de tecnologia cresce 70,7 bi em 2023. 2024. Disponível em: <https://itforum.com.br/noticias/setor-tecnologia-cresce-707-bi-2023/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASSCOM. Setor de tecnologia brasileiro cresce e chega a R\$ 707,7 bi em 2023. 2024. Disponível em: <https://brasscom.org.br/setor-de-tecnologia-brasileiro-cresce-e-chega-a-r-7077-bi-em-2023/#:~:text=Nos%20%C3%BAltimos%20tr%C3%AAs%20anos%2C%20o,em%20empresas%20de%20outros%20setores>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SIQUEIRA, M. F.; OLIVEIRA, R. T.; COSTA, A. L. *Automação com Arduino: aplicações em sistemas industriais inteligentes*. São Paulo: Novatec, 2020.