



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

CAVALETE AUTOMÁTICO PARA MOTOR AUTOMOTIVO

AUTOMATIC STAND FOR AUTOMOTIVE ENGINE

Henrique de Souza Camargo^{1, i}
Rafael Rodrigo da Silva^{2, ii}
Rodolpho Mendes Estoque^{3, iii}
Jonatan Augusto da Silva^{4, iv}
Sinésio Raimundo Gomes^{5, v}
Tony Emerson Marim^{6, vi}

Data de submissão: (02/12/2023) Data de aprovação: (30/10/2024)

RESUMO

O cavalete automático para motores é um projeto que visa desenvolver uma ferramenta automatizada com o intuito de melhorar os processos de manutenção e montagem de motores veiculares e estacionários. O principal objetivo é reduzir o esforço físico exigido do profissional, que atualmente precisa utilizar uma manivela para girar o motor, e otimizar o tempo necessário para realizar essas atividades. O projeto se fundamenta na plataforma Arduino, cuja implementação envolve o uso de botões e controle remoto infravermelho para controlar o posicionamento do motor. O uso de um motor de passo foi a solução escolhida para garantir a precisão no controle angular, permitindo a rotação do motor automotivo de forma controlada e exata, possibilitando movimentos de 90° em 90° e um giro livre, conforme a necessidade do usuário. O sistema permite a rotação nos sentidos horário e anti-horário, proporcionando maior flexibilidade e praticidade durante o processo. Essa automação confere ao dispositivo um caráter seguro e eficiente, contribuindo para que o usuário possa posicionar o motor de forma rápida e precisa, melhorando significativamente a qualidade e a agilidade das operações de manutenção e montagem. A aplicação do cavalete automático se estende tanto a oficinas mecânicas, que poderão se beneficiar da redução de tempo e esforço nos procedimentos cotidianos, quanto ao ambiente de ensino técnico, servindo como uma ferramenta didática para o aprendizado prático. Em conclusão, o projeto se mostra inovador

¹ Engenheiro eletricitista e técnico em Mecatrônica. E-mail: hic.bebs@gmail.com

² Técnico em mecatrônica pela Escola SENAI Henrique Lipo. E-mail: rafaelrodrigo299@hotmail.com

³ Técnico em Mecatrônica e graduando em Engenharia Mecatrônica pela Universidade Federal de São João del Rei. E-mail: rodolph_stock@hotmail.com

⁴ Mestre em Engenharia Mecânica e Instrutor da Escola SENAI Henrique Lupo. E-mail: jonatan.silva@sp.senai.br

⁵ Especialista em Engenharia de produção, Engenheiro Eletricista e Instrutor da Escola SENAI Henrique Lupo. E-mail: sinesio.gomes@sp.senai.br

⁶ Mestre em Engenharia Mecânica e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: tony.marin@sp.senai.br

e útil, oferecendo uma solução eficaz para otimizar o trabalho em oficinas e auxiliar na formação de futuros profissionais.

Palavras-chave: Arduino; automação; controle angular; cavalete para motor.

ABSTRACT

The automatic engine stand is a project aimed at developing an automated tool to improve maintenance and assembly processes for both vehicle and stationary engines. The primary goal is to reduce the physical effort required from professionals, who currently have to use a hand crank to rotate the engine, and to optimize the time needed to perform these tasks. The project is based on the Arduino platform, with the implementation involving the use of buttons and an infrared remote control to manage the engine's positioning. A stepper motor was chosen as the solution to ensure precise angular control, allowing the automotive engine to rotate in controlled and exact increments of 90°, as well as offering free rotation depending on the user's needs. The system allows rotation in both clockwise and counterclockwise directions, providing greater flexibility and convenience during the process. This automation gives the device a safe and efficient character, enabling users to position the engine quickly and accurately, significantly improving the quality and speed of maintenance and assembly operations. The application of the automatic engine stand extends to both mechanical workshops, where it can reduce time and effort in routine procedures, and technical education settings, serving as a practical learning tool. In conclusion, the project proves to be innovative and useful, offering an effective solution to optimize work in workshops and assist in the training of future professionals.

Keywords: Arduino; automation; angular control; motor stand.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o mercado dispõe de ferramentas que auxiliam significativamente os profissionais da área automobilística no processo de manutenção de motores, como o cavalete motor, também conhecido como cavalete universal automotivo. Trata-se de um dispositivo manual construído em aço, com uma base em formato de "U" equipada com quatro rodas, geralmente de nylon, e uma coluna central que permite a fixação e rotação de motores automotivos, além de possibilitar a movimentação do próprio cavalete.

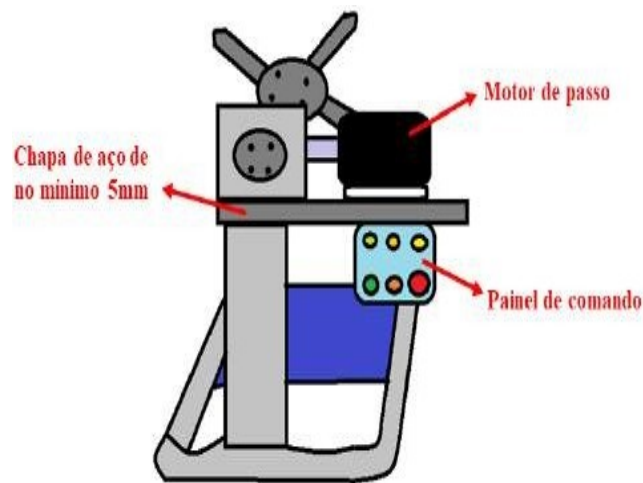
Com o avanço da tecnologia nas oficinas automotivas e a crescente responsabilidade das empresas em proporcionar melhores condições de trabalho aos seus colaboradores, surgiu a ideia de desenvolver um projeto inovador: o cavalete automático. Este novo dispositivo visa oferecer maior segurança, praticidade, agilidade e produtividade no processo de montagem e manutenção de motores automotivos.

Uma necessidade levantada por profissionais da área automotiva, foram as dificuldades no manuseio do cavalete manual, o que motivou a proposta de automatizar o equipamento. A substituição da manivela por um sistema de giro automático, controlado por um motor de passo, permite ao usuário selecionar o ângulo desejado por meio de botões fixos em um painel de controle e de um controle remoto, proporcionando maior segurança e

eficiência (Figura 1).

Neste contexto, observou-se a oportunidade de integrar componentes elétricos e programação na área automobilística, facilitando a atuação dos profissionais e agilizando os processos de montagem e manutenção de motores, além de promover melhorias ergonômicas para os operadores. De acordo com Pereira et al. (2016), é possível realizar o posicionamento de um motor por meio de acionamento direto, utilizando um painel de comandos, e de acionamento remoto, através de um controle infravermelho. No projeto em questão, foi desenvolvido um sistema semelhante, voltado para o campo da soldagem, onde o equipamento automatizado fixa e movimenta objetos até a posição ideal para processos de soldagem, como TIG ou MIG/MAG.

Figura 1 - Idealização do equipamento



Fonte: Autoria própria

1.1 Problema de pesquisa

Com base nessas premissas, foi iniciado o desenvolvimento do projeto de um cavalete automático, visando sua implementação nas oficinas mecânicas a um custo acessível e com maior eficiência. Utilizando a plataforma Arduino, o projeto prevê a automação de um cavalete manual, para permitir a montagem e reparo de motores de forma automática, eliminando a necessidade de esforço físico com a manivela. O controle do cavalete será realizado por botões e controle remoto infravermelho, possibilitando o posicionamento do motor de maneira rápida e segura, sem riscos aos mecânicos envolvidos no processo.

1.2 Objetivo(s)

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema automatizado para o cavalete manual utilizado em oficinas mecânicas e instituições de ensino, com ênfase na automação de processos, para realizar a rotação de motores automotivos de forma eficiente e segura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo aborda os principais componentes utilizados na automação de cavaletes manuais, organizados em três seções. A Seção 2.1 discorre sobre o sistema embarcado empregado, a Seção 2.2 explora o motor utilizado e a Seção 2.3 apresenta o controlador do motor, detalhando cada um de seus elementos e justificando suas escolhas.

2.1 Sistema embarcado

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada em código aberto, que oferece hardware e software de fácil acesso. Capaz de ler entradas (como botões e sensores) e convertê-las em saídas (acionamento de motores ou LEDs), seu funcionamento se dá por meio de uma programação realizada na IDE (*Integrated Development Environment*) própria, utilizando uma linguagem derivada de C/C++ (ARDUINO, 2019). Após o desenvolvimento do código, o microcontrolador pode operar de forma autônoma, controlando uma ampla gama de dispositivos, como robôs, sistemas de climatização e ferramentas de medição (Thomsen, 2014).

A plataforma surgiu no *Ivrea Interaction Design Institute* como uma ferramenta de prototipagem rápida e acessível, evoluindo para uma série de placas adaptadas a diferentes aplicações, como o Arduino Uno, Mega 2560, Leonardo, Due, Nano e Pro Mini (ARDUINO, 2019). O software Arduino facilita a programação com funções predefinidas como *loop* () e *setup* (), além de constantes como *LOW*, *HIGH*, *INPUT* e *OUTPUT*, simplificando o desenvolvimento.

No projeto proposto, será utilizado o Arduino Mega 2560, um microcontrolador baseado no chip ATmega2560, com 54 pinos de entrada/saída, 16 entradas analógicas e 4 portas seriais de hardware (UARTs). Ele é alimentado por uma conexão USB ou fonte externa e possui um cristal oscilador de 16 MHz, que garante a precisão de temporização do sistema (Arduino, 2019). O Mega 2560 é uma escolha adequada devido ao seu maior número de pinos, que permite controlar múltiplos componentes simultaneamente.

2.2 Acionamento

Conforme Brites (2008), o motor de passo é um dispositivo eletromecânico que converte pulsos elétricos em movimento mecânico de forma precisa, através de incrementos angulares chamados "passos". A rotação do motor é controlada pela frequência e ordem dos pulsos aplicados, o que define o sentido e a velocidade de giro. Esse tipo de motor é ideal para aplicações que exigem controle rigoroso de ângulo, velocidade e posição, sendo amplamente utilizado em dispositivos que demandam precisão, como impressoras, scanners e robôs.

Com base nas medições realizadas no eixo do cavalete didático, determinou-se que o torque mínimo necessário seria de 100 kgf/cm. Assim, optou-se pelo motor de passo NEMA 34 130 kgf/cm (modelo HT34-487), que oferece uma margem de segurança suficiente para absorver variações de carga. Esse motor é adequado para aplicações que requerem alto torque, como máquinas de corte a laser e alimentadores de roletas (Kalatec Automação, 2020).

2.3 Controle

Os drivers são dispositivos essenciais para controlar motores de passo, convertendo os sinais de comando do controlador em pulsos de alta potência que acionam o motor. Segundo a Kalatec Automação (2021), os drivers podem ser simples, dependendo de

comandos externos, ou inteligentes, permitindo a programação de lógicas de controle.

O driver STR8, fabricado pela Applied Motion (2009), é um dispositivo digital projetado para controlar motores de passo de até 8 A por fase, oferecendo controle preciso de micropassos e antirressonância, que suaviza o movimento do motor e melhora o torque em diversas velocidades. Esse driver pode operar nos modos "Passo e Direção" ou "Pulso/Pulso", ajustável por meio de chaves DIP (*Dual In-line Package*) e um seletor rotativo. Sua versatilidade e compatibilidade com o motor NEMA 34 tornam-no uma escolha ideal para este projeto, garantindo controle eficiente e preciso.

3 DESENVOLVIMENTO

As alterações elaboradas na automatização do cavalete, iniciou a partir de um modelo que se encontrava à disposição (Figura 2).

Figura 2 – Equipamento sem as alterações



Fonte: Autoria própria

Foram implementadas quatro botoeiras (Figura 3) pulsantes no acionamento: duas para controlar a rotação do motor em incrementos de 90° (uma no sentido horário e outra no sentido anti-horário), e outras duas para rotação contínua (uma para cada sentido).

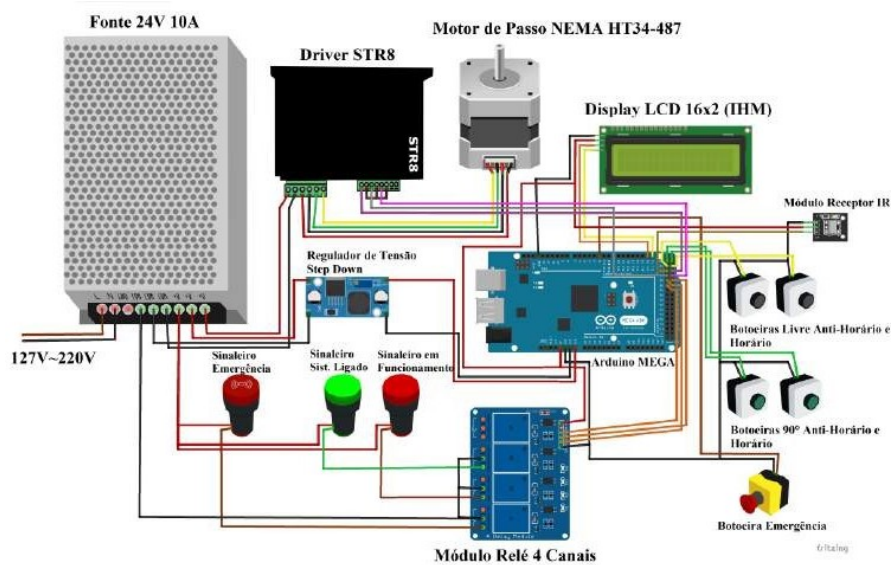
Figura 3 – Painel frontal para os botões de controle.



Fonte: Autoria própria

O controle remoto infravermelho reproduz as funções das botoeiras, de forma remota. Uma botoeira de emergência foi instalada para parar o sistema em situações críticas. Três sinalizadores visuais foram adicionados: um indica o equipamento ligado, outro sinaliza quando o motor está em movimento, e o terceiro combina alerta sonoro e luminoso quando a emergência é acionada. Além disso, um display LCD 20x4 I2C foi integrado para a interação homem-máquina, todos os componentes utilizados podem ser observados na Figura 4.

Figura 4 – Esquema de ligação dos componentes eletrônicos



Fonte: Autoria própria

A disposição dos componentes no painel, pode ser observado na Figura 5. Para escolher o motor de passo adequado, utilizou-se um torquímetro no redutor do cavalete. Um motor automotivo foi fixado ao cavalete para simular a operação, e, após medir o pico de força necessário, constatou-se a necessidade de um motor de passo capaz de suportar 0,9 kg. Optou-se pelo motor de passo NEMA 34 (HT34-487), com torque de 130 kgf/cm (suportando até 1,3 kg), garantindo uma margem de segurança. O controle desse motor é realizado por um driver STR8, considerado o mais apropriado para o projeto. Para a fixação do motor de passo no cavalete, foram projetadas chapas de aço: uma base fixada no cavalete, uma segunda chapa dobrada a 90° para segurar o motor, e duas chapas para prender o painel de controle. As chapas foram projetadas e simuladas previamente em software 3D

Figura 5 – Painel de componentes.

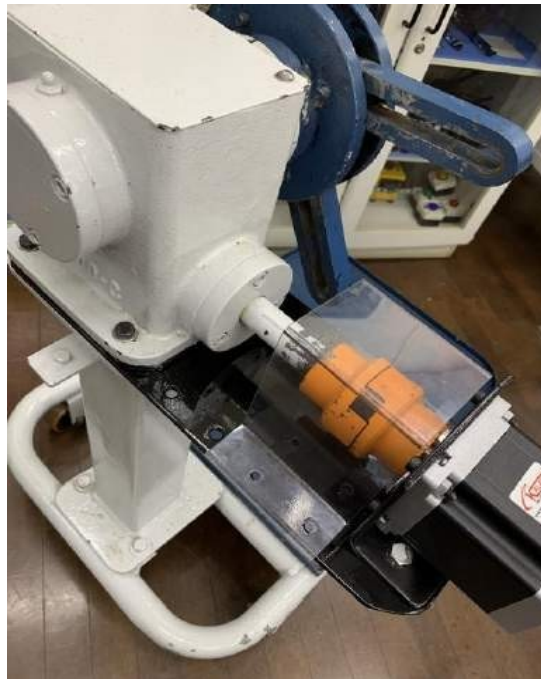


Fonte: Autoria própria

Após a preparação das chapas, o redutor foi removido do cavalete para fixar a chapa base, que foi então fixada, e o motor de passo, acoplado com o eixo do cavalete utilizando um acoplamento flexível elástico tipo cruzeta CR02, fabricado por eletroerosão para garantir posicionamento e precisão.

Em conformidade com norma regulamentadora, que especifica que partes móveis em máquinas e equipamentos não devem ficar expostos (NR-12), foi desenvolvida uma proteção de policarbonato para cobrir o movimento rotacional do motor e o painel de controle foi fixado à base (Figura 6).

Figura 6 – Proteção ao usuário.



Fonte: Autoria própria

Um fluxograma do funcionamento do sistema foi elaborado e apresentado na Figura 7, demonstrando a inicialização do sistema.

Para compreender o funcionamento do sistema, um fluxograma é apresentado na Figura 8

O programa para controle do motor foi desenvolvido em linguagem C++ para Arduino, controlando a posição do cavalete. Quatro bibliotecas foram instaladas para o funcionamento correto do sistema: *IRremote* (controle remoto infravermelho), *avr/eeprom* (salvamento da posição do cavalete na EEPROM do Arduino), *LiquidCrystal_I2C* e *Wire* (comunicação e controle do display LCD).

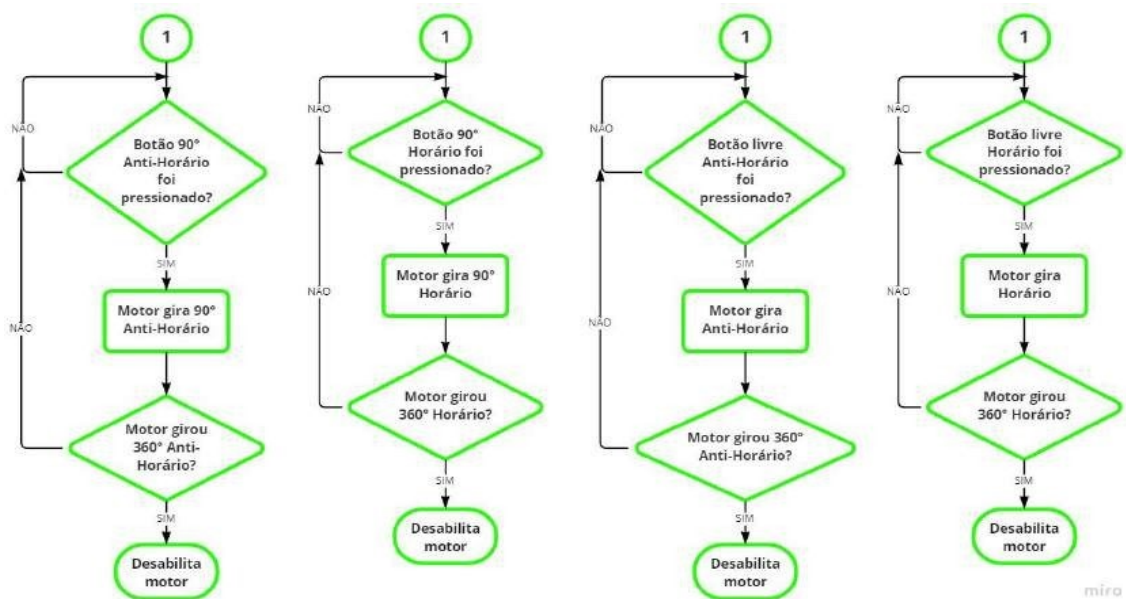
Figura 7 – Fluxograma de inicialização do sistema.



Fonte: Autoria própria

Para permitir que o usuário ajuste a posição do cavalete conforme sua preferência, foi necessário compreender o funcionamento do motor de passo selecionado, especialmente no que diz respeito ao seu movimento de rotação. Foi verificado que o motor de passo apresenta uma resolução de 200 PPR (pulsos por revolução), ou seja, são necessários 200 pulsos ou passos para completar uma volta de 360°.

Figura 8 – Fluxograma do funcionamento do controle



Fonte: Autoria própria

Em seguida, foi investigada a relação de redução do redutor acoplado ao motor. A partir de testes manuais, constatou-se que a relação de redução era de 1:32, o que significa que o motor de passo precisa completar 32 voltas para que o redutor realize uma única rotação completa. Com essa informação em mãos, foi realizada uma simples regra de três para determinar quantas voltas o motor de passo precisaria dar para cada grau de rotação desejado. A partir desse cálculo, multiplicou-se o número de passos necessários para completar uma volta (200 passos) pela quantidade de voltas do motor necessárias para atingir a posição angular desejada.

Com base nesses resultados, foram criadas quatro variáveis correspondentes aos quadrantes de uma circunferência, o que permitiu o controle preciso da posição em qualquer ponto desejado (Figura 9).

Figura 9 - Variáveis de funcionamento para o posicionamento do motor.

```
//QUADRANTES
#define quadrante0 0 //0°
#define quadrante1 1600 //90° - 8 voltas (200 passos * 8 voltas = 1600 passos)
#define quadrante2 3200 //180° - 16 voltas (200 passos * 16 voltas = 3200 passos)
#define quadrante3 4800 //270° - 24 voltas (200 passos * 24 voltas = 4800 passos)
#define quadrante4 6400 //360° - 32 voltas (200 passos * 32 voltas = 6400 passos)
```

Fonte: Autoria própria

A ligação do motor de passo foi feita em configuração bipolar paralela, conforme recomendado pelo driver STR8, garantindo maior velocidade final. Configurações adequadas do driver foram determinadas após testes práticos, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Configuração dos switches e trimpot do driver STR8

Trimpot	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 4	Switch 5	Switch 6	Switch 7	Switch 8
C	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF

Fonte: Autoria própria

No primeiro teste, o motor de passo não conseguiu girar o motor automotivo, que apresentava um torque superior ao permitido (1,5 kg versus 1,3 kg do motor de passo). Após a substituição por um motor de 0,9 kg, um novo teste foi realizado, mas o sistema travava devido à interferência no display LCD quando o driver do motor era acionado. A adição de um filtro indutivo na alimentação do Arduino resolveu o problema.

No terceiro teste, o sistema funcionou de maneira estável e dentro do esperado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido destaca-se como um dispositivo eficaz e prático, proporcionando o giro preciso do motor automotivo para a posição desejada, assegurando tanto a segurança quanto a eficiência nas operações de manutenção e montagem. A solução oferece rapidez e confiabilidade, atendendo às necessidades do setor automotivo de forma otimizada.

Os resultados alcançados superaram as expectativas iniciais, demonstrando a viabilidade da automação proposta. A simplicidade do sistema facilita sua aplicação, trazendo

benefícios diretos para os profissionais, ao promover um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Contudo, o projeto apresenta uma limitação quanto à capacidade de torque. O motor de passo selecionado possui torque máximo de 130 kgf.cm, o que permite operar com uma carga de até 1,0 kg sobre o redutor, mantendo uma margem de segurança de aproximadamente 30%. Para aplicações que envolvem motores automotivos de maior porte, seria necessário redimensionar o sistema, substituindo o motor de passo e o driver de controle.

Figura 10 – Painel frontal para os botões de controle.



Fonte: Autoria própria

Adicionalmente, para outras aplicações, é fundamental considerar o centro de gravidade ao montar o motor no cavalete, garantindo a correta distribuição de peso e o equilíbrio estrutural. Esse cuidado assegura a estabilidade do sistema e a segurança durante sua operação.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o projeto de automação do cavalete para motores automotivos atendeu plenamente às expectativas, respondendo de forma precisa aos comandos de giro, com ângulos de 90 graus por acionamento, rotação contínua e controle remoto infravermelho, operando tanto no sentido horário quanto anti-horário.

Os resultados obtidos demonstram a eficiência do sistema, embora exista espaço para melhorias, como a implementação de uma chave seletora que permita alternar entre a operação pelo painel de controle ou exclusivamente pelo controle remoto, visando aumentar a segurança.

Com o protótipo funcionando perfeitamente, verificou-se que o uso pelo operador é eficaz e seguro, sem impactos adversos à ergonomia. O projeto se mostrou uma solução inovadora e útil, com grande potencial para auxiliar oficinas mecânicas e contribuir para o aprendizado em escolas técnicas.

REFERÊNCIAS

APPLIED MOTION. **STR8 digital driver**. 2009. Disponível em: <https://www.applied-motion.com>. Acesso em: 15 jun. 2022.

ARDUINO. **The Arduino platform: history and overview**. 2019. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 25 jul. 2022.

BRITES, J. **Motores de passo e sua utilização**. São Paulo: Técnica, 2008.

BRITES, F. G.; SANTOS, V. P. A. **Motor de passo**. Grupo PET-Tele. Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, jul. 2008 Disponível em: <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>. Acesso em: 12 jun.2022.

COELHO, I. O que é motor de passo? Entenda seu funcionamento e aplicações. **FilipeFlop**, 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-motor-de-passo-entenda-seu-funcionamento-e-aplicacoes/>. Acesso em: 12 jun.2022.

FILIFELOP. **Motores de passo: princípios de funcionamento e aplicações**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/motor-de-passo-como-funciona/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KALATEC AUTOMAÇÃO. **Motores de passo e drivers**. 2021. Disponível em: <https://www.kalatec.com.br>. Acesso em: 10 jan. 2021.

KALATEC AUTOMAÇÃO. **Drive de motor de passo**. 2020. Disponível em: <https://www.kalatec.com.br/drivers-motores-de-passo/>. Acesso em: 12 jun.2022.

KALATEC AUTOMAÇÃO. **Drive de motor de passo STR8**. 2021. Disponível em: <https://www.kalatec.com.br/drive-de-motor-de-passo-str8/>. Acesso em: 12 jun.2022.

KALATEC AUTOMAÇÃO. **Motor de passo HT34-487** – Torque 13Nm. 2020. Disponível em: <https://www.kalatec.com.br/motor-de-passo-13nm/>. Acesso em: 12 jun.2022.

PEREIRA, D. F.; RIBEIRO, J. R. dos S.; MEDEIROS, M. A. Projeto de um equipamento posicionador de soldagem com acionamento via controle remoto. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA - CONEM 2016, Fortaleza – Ceara, ago. 2016. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA. [Anais...] Disponível em: https://www.academia.edu/34859014/PROJETO_DE_UM_EQUIPAMENTO_POSICIONADOR_DE_SOLDAGEM_COM_ACIONAMENTO_VIA_CONTROLE_REMOTO. Acesso em: 18 mar. 2022.

THOMSEN, P. Arduino for engineers. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

Sobre os Autores:

ⁱ Henrique de Souza Camargo



Engenheiro Eletricista formado pela UNIARA e Técnico em Mecatrônica pela Escola SENAI Henrique Lupo. Atua como Técnico em Automação. Possui conhecimentos em programação com Python, C++ e C, aplicados a projetos com microcontroladores e automação. CV: <http://lattes.cnpq.br/0906250893337041>

ⁱⁱ Rafael Rodrigo da Silva



Técnico em Mecatrônica e Técnico em Eletromecânica pela Escola SENAI Henrique Lupo. Possui conhecimento em montagens de componentes eletromecânicos.

ⁱⁱⁱ Rodolpho Mendes Estoque



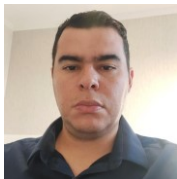
Graduando em Engenharia Mecatrônica pela Faculdade Federal de São João del Rei e formação técnica em Mecatrônica pelo SENAI Henrique Lupo. Possui conhecimento em C e C++, aplicado no projeto técnico e na plataforma de programação ESP-32.

vi Sinésio Raimundo Gomes



Especialista em Engenharia de Produção formado pela UFSCAR e Especialista em Educação na Universidade Metodista de Piracicaba, formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Paulista (UNIP). Atua como docente no SENAI Henrique Lupo. CV: <http://lattes.cnpq.br/7669287689061386>

v Jonatan Augusto da Silva



Graduado em Engenharia de Controle e Automação pela UNIARA, mestrado em Engenharia Mecânica pela UFSCar, com especialização em Gestão Escolar e formação pedagógica pelo IFSP. Docente no SENAI Henrique Lupo, atua também em engenharia de produtos, integrando experiência acadêmica e prática no desenvolvimento de processos inovadores e soluções tecnológicas. CV: <http://lattes.cnpq.br/0508632882582892> ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5328-9457>

vi Tony Emerson Marim



Possui graduação em Automação Industrial pela Universidade Paulista (UNIP) e Licenciatura plena em Pedagogia pela UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, além de mestrado em Engenharia pela UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. Atualmente, ocupa o cargo de Professor de ensino Superior na Faculdade de Tecnologia do SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <http://lattes.cnpq.br/2215850363897403> ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8802-239X>