

PROGRAMAÇÃO COM MICROCONTROLADOR ARDUINO EM APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA 4.0

Data de submissão: 04/11/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Thiago Daboit Roberto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2694615438248688>

Maximiano Correia Martins

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/3232700055302552>

Thiago Corrêa Almeida

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/3266404381934797>

André Pereira de Almeida

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/6871464920281079>

Alexandre Eurício Álvaro Antunes

Centro de Tecnologia da Indústria Química
e Têxtil – SENAI CETIQT
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/9944205591365370>

Fabício Oliveira Magalhães de Barros

Centro de Tecnologia da Indústria Química
e Têxtil – SENAI CETIQT
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/0475587043353602>

Karina Souza Ximenes

Centro de Tecnologia da Indústria Química
e Têxtil – SENAI CETIQT
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/5804679728881043>

RESUMO: Este estudo analisa a aplicação do microcontrolador Arduino UNO no contexto da Indústria 4.0, com foco no desenvolvimento de competências em programação e na criação de soluções para monitoramento de variáveis em ambientes industriais, domésticos e educacionais. Foram desenvolvidos protótipos de sensores de presença, sistemas de detecção de fogo e gases tóxicos, além de Veículos Operados Remotamente (VORs) controlados via Bluetooth e Wi-Fi. Esses VORs permitem monitorar locais de risco à distância, contribuindo para a segurança dos trabalhadores. A utilização do Arduino proporciona uma plataforma acessível e eficiente para o aprendizado prático e a

inovação na área de segurança e automação industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, VOR, Robótica, Segurança de Processos, Indústria 4.0.

PROGRAMMING WITH ARDUINO MICROCONTROLLER IN INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS

ABSTRACT: This study analyzes the application of the Arduino UNO microcontroller in the context of Industry 4.0, focusing on the development of programming skills and the creation of solutions for monitoring variables in industrial, domestic, and educational environments. Prototypes were developed, including presence sensors, fire and toxic gas detection systems, and Remotely Operated Vehicles (ROVs) controlled via Bluetooth and Wi-Fi. These ROVs enable remote monitoring of hazardous locations, contributing to worker safety. The use of Arduino offers an accessible and effective platform for practical learning and innovation in the fields of industrial safety and automation.

KEYWORDS: Arduino, ROV, Robotics, Process Safety, Industry 4.0.

1 | INTRODUÇÃO

Um novo paradigma de produção se faz presente: a Indústria 4.0, também conhecida como a quarta Revolução Industrial. Essa transformação incorpora tecnologias digitais, como automação e inteligência artificial, apoiadas na internet, integrando-se aos processos produtivos e promovendo a digitalização e conectividade em tempo real, fenômeno chamado de “Internet das Coisas” (IoT) (CNI, 2016; EUROPEAN PARLIAMENT, 2015).

A Indústria 4.0 caracteriza-se pela integração e digitalização entre processos produtivos, produtos e a cadeia de suprimentos, envolvendo stakeholders em uma troca constante de informações (CHOI et al., 2016; DE MORAIS et al., 2016; SCHLAEPFER, 2015). Esse nível de conectividade oferece oportunidades inéditas para a gestão da Saúde e Segurança do Trabalho (SST), com sistemas que ajudam a reduzir acidentes e engajar colaboradores em práticas de segurança (BADRI et al., 2018; PONTAROLO, 2018).

Com o avanço das inovações em comunicação e o desenvolvimento de microcontroladores acessíveis, como Arduino, ESP32 e Raspberry Pi, plataformas de prototipagem eletrônica vêm se tornando comuns na Indústria 4.0 (DAVILA et al., 2021). O Arduino, em especial, é uma plataforma de hardware livre usada para desenvolver projetos de robótica e IoT de baixo custo, flexíveis e acessíveis (MONK, 2017).

Neste cenário, o desenvolvimento de Veículos Operados Remotamente (VORs), como os controlados por Arduino via Bluetooth ou Wi-Fi, facilita o monitoramento de variáveis físicas (como temperatura, pressão e umidade) em ambientes industriais, aumentando a segurança ao permitir monitoramento remoto (MARQUES et al., 2013).

2 | SEGURANÇA INDUSTRIAL E A UTILIZAÇÃO DO ARDUINO NA INDÚSTRIA 4.0

Com o crescimento das indústrias, os riscos aumentam, impactando não só as empresas e seus trabalhadores, mas também as comunidades vizinhas. Para neutralizar esses perigos, a Segurança Industrial conta com uma equipe interdisciplinar, que realiza inspeções e controles rigorosos para proteger a saúde dos trabalhadores e minimizar os riscos operacionais (FORMIGHIERI et al., 2015).

2.1 Tipos de Riscos de Acidentes de Trabalho

A legislação brasileira identifica cinco categorias principais de riscos: mecânicos, físicos, químicos, biológicos e econômicos (JAQUES et al., 2014). Riscos mecânicos envolvem agentes que necessitam de contato direto para manifestar sua nocividade, como materiais cortantes e aquecidos. Já os riscos físicos derivam de agentes que modificam o ambiente, causando danos potenciais, como ruídos, iluminação inadequada e radiações (JAQUES et al., 2014).

2.2 O Papel do Microcontrolador Arduino na Segurança Industrial

Em resposta à necessidade de monitoramento e controle, o Arduino se destaca como uma plataforma acessível e flexível, desenvolvida com um microcontrolador Atmel AVR. É amplamente utilizado tanto por iniciantes quanto por profissionais para automação e controle, pois possibilita criar protótipos de baixo custo e fácil utilização, utilizando uma linguagem baseada em C/C++ (THOMSEN, 2014).

O Arduino pode operar de forma independente, armazenando comandos que são executados continuamente, ou pode ser conectado a um computador para interações em tempo real. Embora a placa padrão não possua funcionalidades de rede, módulos adicionais chamados Shields permitem essa integração (THOMSEN, 2019). A Figura 1 ilustra o modelo Arduino UNO, um dos mais populares atualmente devido ao seu excelente custo-benefício e sua compatibilidade com projetos variados, incluindo aplicações industriais.

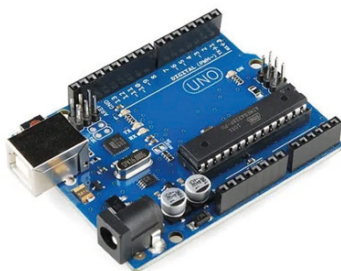


Figura 1: Arduino UNO (THOMSEN, 2022).

A flexibilidade e o caráter *open-source* do Arduino, desenvolvido para uso gratuito por qualquer fabricante, o tornam uma ferramenta essencial para projetos inovadores e para o movimento *maker*, promovendo o desenvolvimento de soluções na Indústria 4.0, como o Veículo Operado Remotamente (VOR) para monitoramento de variáveis físicas em ambientes de risco (Arduino, 2018). As áreas de aplicação são vastas, abrangendo desde o controle de sistemas interativos até robótica e impressão 3D, com grande impacto na otimização de processos e na segurança industrial.

2.3 Funcionalidades e Componentes do Arduino

O Arduino UNO é amplamente recomendado para iniciantes devido à sua simplicidade e à quantidade de portas de entrada e saída, que possibilitam a conexão de diversos sensores e módulos (THOMSEN, 2019). Com o microcontrolador ATmega 328P operando a 16 MHz, a placa possui 14 pinos de I/O, dos quais seis podem ser utilizados para a modulação por largura de pulso (PWM). Com 32 KB de memória flash, a placa é capaz de armazenar e executar comandos de forma autônoma, onde o microcontrolador funciona como o “cérebro” da placa, processando informações enviadas e recebidas por sensores e módulos conectados a ela (THOMSEN, 2019).

Para expandir as aplicações do Arduino, diversos sensores e atuadores podem ser integrados. Sensores, como botões e módulos solares, convertem estímulos físicos em sinais elétricos, permitindo que o Arduino monitore e responda a mudanças no ambiente. Atuadores, por sua vez, transformam energia elétrica em respostas físicas, como luz, calor ou movimento, e são fundamentais para realizar ações automáticas em sistemas interativos (BABOS, 2014). Essas ferramentas, acessíveis e de baixo custo, são indispensáveis para aplicações práticas, permitindo ao Arduino captar e reagir a variações de seu entorno.

O Arduino utiliza a técnica de modulação por largura de pulso (PWM) para regular a intensidade de sinais, variando o valor médio de uma onda periódica. Nessa técnica, a frequência permanece fixa enquanto o tempo em que o sinal se mantém em nível alto (*duty cycle*) é ajustado, permitindo o controle fino de dispositivos como motores e LEDs (HIRZEL, 2020). A Figura 2 ilustra essa modulação, disponível nas portas PWM da placa, indicadas por um símbolo “~”, e que podem ser controladas com o comando `AnalogWrite(pin, sinal_pwm);` (PEREZ, 2013).

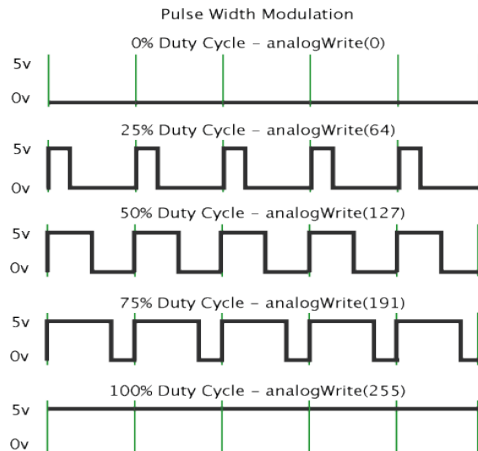


Figura 2: Pulse Width Modulation (ARDUINO, 2024).

Para o controle de motores DC, o Arduino pode utilizar o circuito Ponte H (L298N), um arranjo de chaves que possibilita a inversão da polaridade do motor, alterando seu sentido de rotação. Acionando diferentes combinações de chaves, o circuito permite não apenas o movimento em ambos os sentidos, mas também a frenagem rápida do motor ao interromper sua rotação sem a necessidade de um sistema mecânico adicional (SOUZA, 2014). A Figura 3 apresenta o esquema de funcionamento da Ponte H, ilustrando como o sentido de rotação do motor é ajustado.

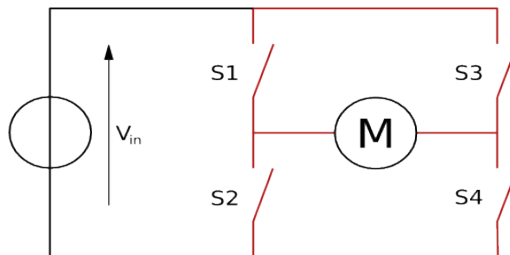


Figura 3: Funcionamento da Ponte H (SOUZA, 2014).

A Figura 4 mostra o sentido de correntes do capacitor no circuito bootstrap, um componente importante para o funcionamento adequado da Ponte H.

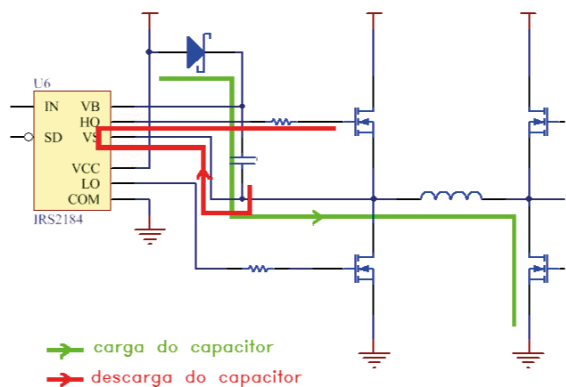


Figura 4: Sentido de correntes do capacitor no circuito *bootstrap* (EMBARCADOS, 2024).

Outra funcionalidade importante é a comunicação sem fio, que o Arduino pode realizar por meio de módulos Bluetooth, como os HC-05 e HC-06, que utilizam a frequência de 2,4 GHz para conectar o Arduino a dispositivos externos (VIDAL, 2022). Esse módulo facilita a interação com dispositivos como smartphones e tablets, viabilizando redes sem fio práticas para aplicações remotas. A Tabela 1 apresenta as versões do Bluetooth e suas velocidades, enquanto a Tabela 2 mostra as classes e o alcance de cada tipo de módulo. O HC-05, em particular, conta com seis pinos, incluindo alimentação, terra, transmissão e recepção, que são necessários para a comunicação direta com o Arduino, conforme ilustrado na Figura 5.

Versão	Velocidade
1.2	1 Mbit/s
2.0+ EDR	3 Mbit/s
3.0	25 Mbit/s
4.0 (<i>Bluetooth Low energy</i>)	25 Mbit/s
5.0	50 Mbit/s

Tabela 1: Versões do Bluetooth (ELETROGATE, 2024a).

Classe	Potência(mW)	Alcance(metros)
1	100	100
2	2,5	10
3	1	1

Tabela 2: Classes de módulo Bluetooth para Arduino. (ELETROGATE, 2024a).

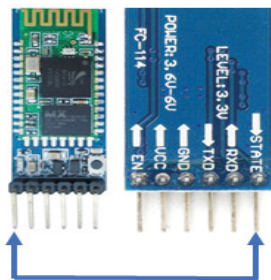


Figura 5: Pinos do módulo Bluetooth HC-05 (LABPROTOTIPANDO, 2024).

3 | ROBÔS COLABORATIVOS E PROCEDIMENTO DE MONTAGEM DO VOR

A integração de robôs colaborativos na indústria moderna visa otimizar a ergonomia e segurança do ambiente de trabalho, reduzindo a exposição dos trabalhadores a áreas perigosas, como locais com poeira, altas temperaturas ou risco de explosão (GUALTIERI et al., 2020a; GRABOWSKI et al., 2021). Assim, nosso estudo investiga a utilização de robôs operados remotamente, acessíveis e de baixo custo, para proteger a saúde dos trabalhadores em cenários industriais de risco.

Para este projeto, foi desenvolvido um VOR (Veículo Operado Remotamente), cuja montagem utiliza um conjunto de componentes apresentados no esquema da Figura 6: Representação esquemática da montagem do VOR..

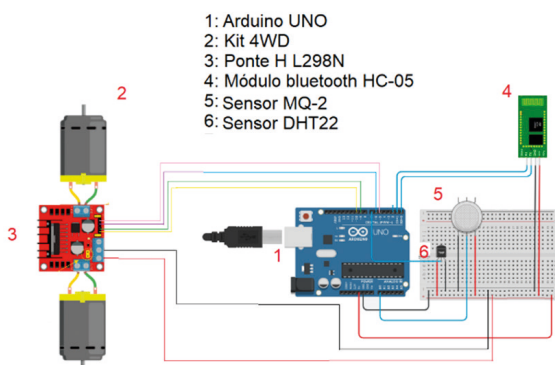


Figura 6: Representação esquemática da montagem do VOR.

O chassi do VOR, baseado no Kit 4WD (Figura 7), consiste em duas placas de acrílico, quatro motores DC, quatro rodas de borracha, um suporte para pilhas, espaçadores e parafusos. Esse kit serve como estrutura para o Arduino, a ponte H, os módulos e sensores, permitindo o controle de rotação dos motores e o movimento do VOR.

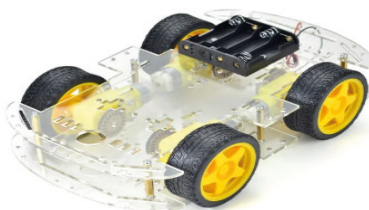


Figura 7: Representação Chassi do VOR (ELETROGATE, 2024b).

3.1 Procedimento de Construção do VOR

O processo de montagem do VOR começa pela conexão dos motores. Embora o Kit 4WD inclua quatro motores, usamos apenas dois. Após fixá-los na placa de acrílico, as quatro rodas foram acopladas, permitindo a movimentação do veículo. A Figura 8 mostra a montagem dos motores conectados ao chassi do VOR.

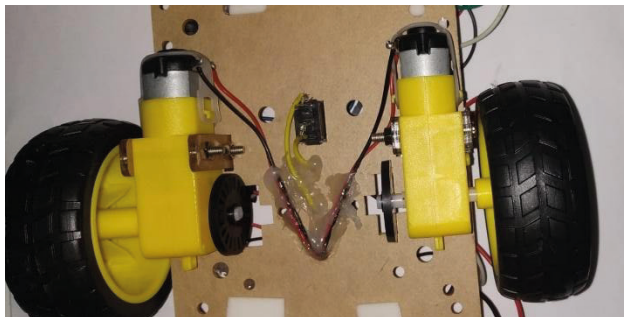


Figura 8: Motores conectados ao chassi do VOR.

Em seguida, fixamos a ponte H entre as placas de acrílico. Esta permite controlar a rotação dos motores, ligando-os nas entradas laterais da ponte e conectando os fios positivo e negativo. A Figura 9 ilustra a ponte H montada no VOR.

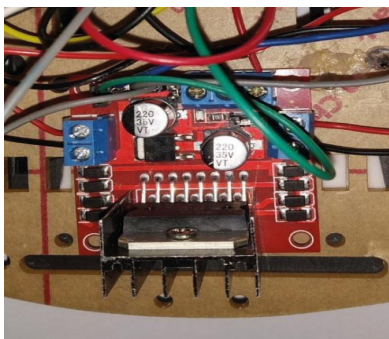



Figura 9: Ponte H.

Para controlar a rotação dos motores, aplica-se a função *analogWrite* nas portas PWM do Arduino. Configurando as portas de entrada, podemos controlar a direção e a velocidade do VOR, como avançar, retroceder, girar à direita ou à esquerda.

O próximo passo foi a fixação do Arduino UNO na segunda placa de acrílico, onde conectamos os fios da ponte H às portas PWM 5, 6, 9 e 10 do Arduino. Também fixamos o suporte de pilhas, com os fios de alimentação ligados ao Arduino e à ponte H. Para finalizar, conectamos os módulos Bluetooth e os sensores DHT22 e MQ-2. O módulo Bluetooth foi acoplado ao Arduino nas portas TX e RX, possibilitando o controle remoto do VOR via um aplicativo de celular, conforme o código ilustrado na Figura 10.



```
carrinho_1

#include <DHT.h>; //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
int PinA0 = A0;

#define DHTPIN 7 //PINO DIGITAL UTILIZADO PELO DHT22
#define DHTTYPE DHT22 //DEFINE O MODELO DO SENSOR (DHT22 /

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //PASSA OS PARÂMETROS PARA A FUN

void setup() {
  Serial.begin(9600); //INICIALIZA A SERIAL
  pinMode(PinA0, INPUT); //DEFINE O PINO COMO ENTRADA
  dht.begin(); //INICIALIZA A FUNÇÃO
  delay(2000); //INTERVALO DE 2 SEGUNDO ANTES DE INICIAR
}

void loop() {

  int valor_analogico = analogRead(PinA0); //VARIÁVEL RECE
  Serial.print("Leitura de gas: "); //EXIBE O TEXTO NO MON
  Serial.println(valor_analogico); // MOSTRA NO MONITOR SERI

  Serial.print("Umidade: "); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
  Serial.print(dht.readHumidity()); //IMPRIME NA SERIAL
  Serial.print("%"); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
  Serial.print(" / Temperatura: "); //IMPRIME O TEXTO NA
  Serial.print(dht.readTemperature(), 0); //IMPRIME NA S
  Serial.println("°C"); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
  delay(2000); //INTERVALO DE 2 SEGUNDOS * NÃO DIMINUIR
}
```

Figura 10: Código fonte para utilização dos sensores DHT22 e MQ-2.

O sensor DHT22, que mede temperatura e umidade, foi conectado à porta digital 7 do Arduino, enquanto o sensor de gás MQ-2 foi fixado na entrada analógica A0. Para leitura desses sensores, o código inclui a biblioteca DHT.h, e a função *analogRead* captura os valores do sensor MQ-2 a cada dois segundos. A Figura 11 apresenta o VOR montado, equipado com os sensores de gás, umidade e temperatura.

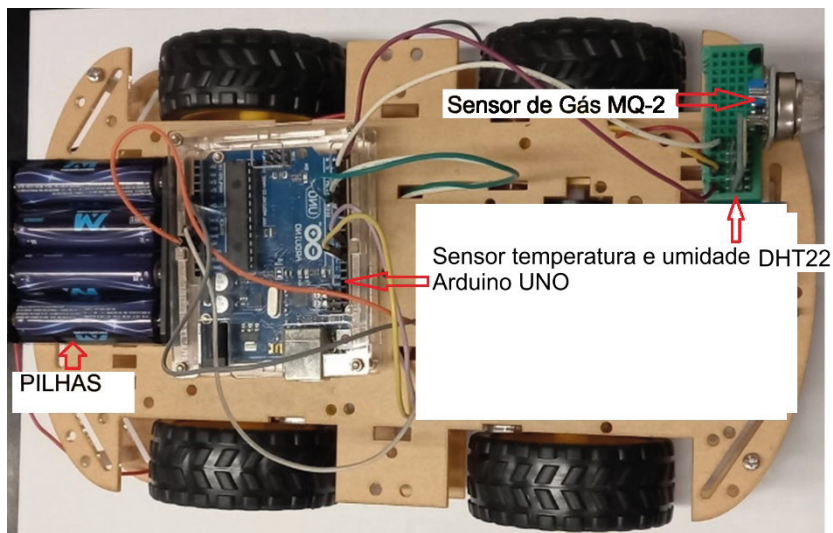


Figura 11: VOR equipado com sensores de gás/fumaça e umidade/temperatura.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado deste trabalho, foi desenvolvido um Veículo Operado Remotamente (VOR) de baixo custo, capaz de medir variáveis como temperatura, umidade e concentração de gases inflamáveis, desde que se utilize o sensor adequado e faça ajustes no código fonte. A Figura 20 mostra o VOR montado, enquanto a Figura 12 apresenta a interface do aplicativo Arduino Bluetooth Controller, utilizado para movimentação do veículo via celular (Android ou iOS).

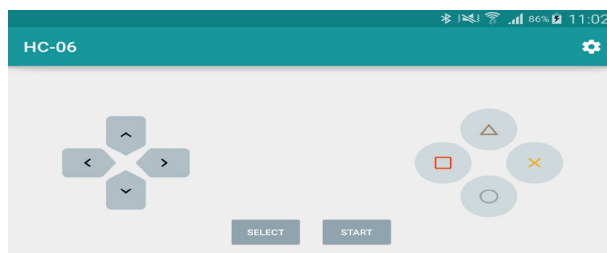


Figura 12: Tela do aplicativo Arduino Bluetooth controller utilizada para movimentação do VOR.

No aplicativo, é possível controlar as medições através de comandos programados: “T” aciona a leitura de temperatura e umidade, e “W” a de gases inflamáveis e fumaça, com alcance de até 10 metros, limite do módulo Bluetooth HC-06. Na Figura 13, um exemplo de medida realizada no laboratório de Física mostra os valores de temperatura, umidade e concentração de gases.

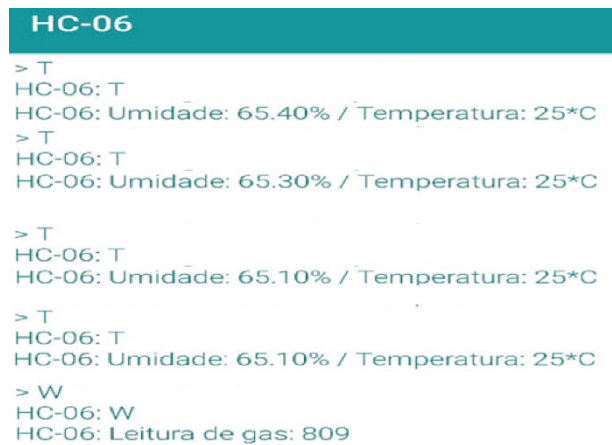


Figura 13: Medida de temperatura/umidade, concentração de gases.

O VOR evita a exposição humana a riscos, eliminando a necessidade de um operador ir até áreas com altas concentrações de gases ou temperaturas elevadas, o que o torna um importante dispositivo de segurança. Além disso, seu baixo custo é uma vantagem significativa em relação a equipamentos profissionais, e ele pode ser adaptado com diferentes sensores e até braços mecânicos. A Tabela 3 apresenta os custos totais associados ao desenvolvimento do protótipo.

Componente	Custo (R\$)
Arduino UNO	62,21
Kit 4WD	99,90
Ponte H L298N	15,75
Módulo Bluetooth	14,20
Módulo Geiger	216,6
Sensor MQ-2	19,90
Sensor DHT-22	30,00
Total:	458,6

Tabela 3: Custos do Protótipo.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho desenvolveu uma ferramenta de monitoramento eficaz para áreas de difícil acesso ou com riscos à saúde humana, adaptável ao contexto da Indústria 4.0. A construção do VOR permitiu o desenvolvimento de competências em programação, robótica, eletrônica, IoT e segurança de processos, além de promover o estudo de temas interdisciplinares, como Física, Matemática e Segurança de Processos.

Ao longo do desenvolvimento, houve uma necessidade contínua de orientação para correção de códigos de terceiros encontrados em fóruns, o que reforça a importância da cautela ao utilizar essas fontes. A consulta a datasheets e sites de fabricantes foi essencial para garantir a precisão das medidas das variáveis físicas.

Para trabalhos futuros, sugere-se a criação de um sistema controlado por um VOR com conectividade Wi-Fi e câmeras, ampliando sua autonomia e viabilizando o uso em áreas mais remotas.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Analog Output**. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/learn/microcontrollers/analog-output>. Acesso em: 03 nov. 2024.

ARDUINO OFICIAL. **Site**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/about>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BABOS, Flávio. **Aprenda Arduino do zero**. Disponível em: <https://flaviobabos.com.br/wp-content/uploads/2020/11/o-guia-definitivo-para-aprender-arduino-na-pratica-1.pdf>. Acesso em: 28 maio 2022.

BADRI, A.; BOUDREAU-TRUDEL, B.; SOUISSI, A. S. **Occupational health and safety in the industry 4.0 era: a cause for major concern?** Safety Science, v. 109, p. 403–411, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>.

CHOI, S. S.; KANG, G.; JUNG, K.; KULVATUNYOU, B.; MORRIS, K.C. **Applications of the factory design and improvement reference activity model**. In: IFIP 2016: APMS 2016, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

DA SILVA, M. M. C.; DA SILVA, G. M. A.; PEREIRA, S. A.; FRANZ, A. L. DOS SANTOS; BEMENUTI, H. R. **Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na segurança e saúde do trabalhador: uma revisão sistemática da literatura**. Brazilian Journal of Production Engineering, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/37022/24397>. Acesso em: 02 nov. 2022.

DE MORAIS, Roberto Ramos; MONTEIRO, Rogério. **A indústria 4.0 e o impacto na área de operações: um ensaio**. In: V SINGEP – Simpósio de Gestão De Projetos, Inovação e Sustentabilidade, São Paulo, 2016.

ELETROGATE. **Kit chassi 4WD robô para Arduino**. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/kit-chassi-4wd-robo-para-arduino>. Acesso em: 03 nov. 2024b.

ELETROGATE. **Módulos Bluetooth HC05 e HC06 para comunicação com dispositivos móveis com Arduino**. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/modulos-bluetooth-hc05-e-hc06-para-comunicacao-com-dispositivos-moveis-com-arduino/>. Acesso em: 03 nov. 2024a.

EMBARCADOS. **Ponte H com bootstrap para acionamento de motores DC**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/ponte-h-bootstrap-acionamento-motores-dc/>. Acesso em: 03 nov. 2024.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth**. Setembro de 2015. Disponível em: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf). Acesso em: 02 set. 2022.

FORMIGHIERI, J. R.; RIBEIRO, L.; SIMÃO, L. T. **Segurança Industrial**. Uniasselvi, 2015. Disponível em: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=18937>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GRABOWSKI, A.; JANKOWSKI, J.; WODZYNSKI, M. **Teleoperated mobile robot with two arms: the influence of a human-machine interface, VR training and operator age**. International Journal of Human -Computer Studies, v. 156, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102707>. Acesso em: 16 nov. 2022.

GUALTIERI, L.; PALOMBA, I.; MERATI, F. A.; RAUCH, E.; VIDONI, R. **Design of Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators' Physical Ergonomics and Production Efficiency: a Case Study**. Sustainability, v. 12, n. 9, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12093606>. Acesso em: 17 nov. 2022.

GUALTIERI, L.; RAUCH, E.; VIDONI, R.; MATT, D. T. **Safety, ergonomics and efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: design guidelines and requirements**. Procedia CIRP, v. 91, p. 367–372, 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.188>. Acesso em: 18 nov. 2022.

JAQUES, F. C.; BALAN, R. C.; ALMEIDA, R. A.; RIBEIRO, F. H. **Segurança Industrial**. Editora Educacional AS, 2014.

LABPROTOTIPANDO. **Configurando o módulo Bluetooth HC-05**. Disponível em: <https://labprototipando.com.br/2020/06/04/configurando-o-modulo-bluetooth-hc-05-modo-pratico/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

MARQUES, F. P. C.; BATISTA, C. A.; CAVALCANTI, S. S. J. **Construção de veículo operado remotamente como instrumentação para o ensino**. XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – Jepex, UFRPE: Recife, 09 a 13 de dezembro, 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/r1187-1.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches**. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

NERY, Gustavo. **Eletrogate: guia definitivo de uso da Ponte H L298N**. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/guia-definitivo-de-uso-da-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

PEREZ, F. A. **Programação em Arduino módulo básico**. Universidade Federal de Santa Catarina. Oficina de robótica, 2013. Disponível em: <oficinaderobotica.ufsc.br>. Acesso em: 01 maio 2022.

PONTAROLO, M. L. **Relação entre segurança do trabalho e produtividade: uma revisão sistemática**. (Trabalho de conclusão de curso de especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23382/1/relacaosegurancatrabalhoproductividade.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2022.

SCHLAEPFER, Ralf C. **Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. 2015. Disponível em: http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-endelloite-ndustry-4-0-24102014.pdf. Acesso em: 05 ago. 2022.

SOUZA, F. **Embarcados: PWM do Arduino**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/pwm-do-arduino/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino?** São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

VIDAL, Vitor. **Eletrogate: módulos Bluetooth HC-05 e HC-06 para comunicação com dispositivos móveis com Arduino**. 2022. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/modulos-bluetooth-hc05-e-hc06-para-comunic>