

# EXOARM: BRAÇO ROBÓTICO MANIPULADO REMOTAMENTE PARA TRABALHO EM AMBIENTES DE RISCO

*EXOARM: REMOTELY MANIPULATED ROBOTIC ARM FOR WORK IN HAZARDOUS ENVIRONMENTS*

David de Albuquerque Marques<sup>1</sup>  
Alex de Souza Vaz Filho<sup>3</sup>  
Gabriel Feitosa Dantas<sup>3</sup>

## RESUMO:

O projeto "EXOARM: braço robótico manipulado remotamente para trabalho em ambientes de risco", foi desenvolvido na EEEP Marta Maria Giffoni de Sousa, em Acaraú-CE, com o objetivo de propor um modelo de um robô colaborativo, com resposta aos comandos enviados a grandes distâncias por um operador humano. O presente trabalho trata de uma abordagem qualitativa, pois conta com aspectos referentes à coleta de dados de modo prático, com dados extraídos de documentos técnicos, análises de concorrentes e através de entrevistas diretas com especialistas da área de engenharia, bem como permite a descoberta, descrição, compreensão de dados e participação do pesquisador no processo de estudo. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de cunho técnico em busca de dados de equipamentos e soluções de automação que executassem as funções de um robô humanoide remotamente controlado no mercado atual, que identificou produtos de origem internacional, fator que impacta no alto custo destes equipamentos e linhas de crédito bastante limitadas. Após a pesquisa, selecionamos os tipos de materiais e mecanismos que iriam ser utilizados na montagem de um protótipo, definindo ainda as condições de funcionamento, custos de fabricação e manutenção. Foi construído basicamente de peças feitas em uma impressora 3D e de partes metálicas usinadas em uma fresa CNC [Controle Numérico Computadorizado], com a aquisição e compra dos componentes como servo-motores, microcontroladores e sensores no mercado local, como

## ABSTRACT:

*The project: "EXOARM – remotely manipulated robotic arm for work in risk" environments, was developed at EEEP Marta Maria Giffoni de Sousa, in Acaraú-CE, with the objective of proposing a model of a collaborative robot, with response to commands sent over long distances by a human operator. The present work deals with a qualitative approach, since it has aspects related to the collection of data in a practical way, with data extracted from technical documents, analysis of competitors and through direct interviews with specialists in the field of engineering, as well as allowing the discovery, description, understanding of data and participation of the researcher in the study process. To this end, a technical survey was carried out in search of data on equipment and automation solutions that would perform the functions of a remotely controlled humanoid robot in the current market, which identified products of international origin, a factor that impacts the high cost of this equipment. and very limited lines of credit. After the research, we selected the types of materials and mechanisms that would be used in the assembly of a prototype, also defining the operating conditions, manufacturing and maintenance costs. It was built basically from parts made in a 3D printer and metal parts machined in a CNC [Computer Numerical Control] mill, with the acquisition and purchase of components such as servomotors, microcontrollers and sensors in the local market, as well as with international sellers, looking for the maximum cost reduction. The*

1. Coordenador do curso técnico em Eletromecânica na EEEP Marta Maria Giffoni de Sousa.

2. Estudante da 3ª série do curso técnico em Eletromecânica na EEEP Marta Maria Giffoni de Sousa.

também com vendedores internacionais, buscando a máxima redução de custo. O robô foi implementado e construído, tendo sido testado e validado em ambiente real controlado. Durante a execução do projeto, os educandos puderam constatar que quanto maior a colaboração entre homem e robô, mais eficiente é o trabalho: tem-se a força e a precisão da máquina com a capacidade de resolução de problemas do ser humano.

*robot was implemented and built, having been tested and validated in a controlled real environment. During the execution of the project, the students were able to verify that the greater the collaboration between man and robot, the more efficient the work is: you have the strength and precision of the machine with the problem-solving capacity of the human being.*

**Keywords:** Robot. Safe. Remote.

**Palavras-chave:** Robô. Seguro. Remoto.

## 1. INTRODUÇÃO

Como resultado da pandemia de Covid-19, setores que antes não representavam riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores (como entrega de pacotes e alimentos, viagens, hospitalidade e até mesmo energia, transporte e construção) agora o fazem. Muitos desses trabalhos não podem ser realizados por meio de videoconferência, exigindo uma presença física. Portanto, os empregadores estão buscando tecnologia para ajudar a proteger seus trabalhadores contra riscos físicos, químicos ou biológicos. Para isso, contam com tecnologias como robôs móveis ágeis para fazer uma infinidade de trabalhos para que os humanos não corram o risco de adoecer ou se machucar.

De maneira oposta, ao ver os robôs como ameaças ao trabalho manual e aos cargos básicos, a pandemia está exigindo que pensemos sobre como a tecnologia pode aumentar e até mesmo melhorar nossos empregos atuais. Na área educacional, a Robótica está inserida nas atividades curriculares e tem como aporte materiais diversos, dentre eles motores e sensores controláveis por computador e softwares [ZANETTI *et al.*].

## 2. JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO

Após décadas acompanhando uma evolução tecnológica cada vez mais veloz, hoje temos a consciência de que a robótica deve mudar o nosso futuro de uma maneira surpreendente. Agora, nós já temos disponível no mercado alguns protótipos de robôs em diversos formatos, muitos deles lembrando partes do corpo humano ou da anatomia animal; e tem ainda aqueles que se movem sozinhos, através de rodas e esteiras. A ideia dos pesquisadores é de que esses dispositivos possam assumir ou contribuir na realização de tarefas repetitivas ou arriscadas, que precisamos fazer em nosso dia a dia – seja em ambientes domésticos ou de trabalho – por exemplo, estar em contato com altas temperaturas, em grandes alturas, ou expostos a produtos químicos.

A Federação Internacional de Robótica divulgou recentemente, que, conforme as suas pesquisas, o mercado de robôs móveis autônomos no mundo deverá crescer 31% ao ano até 2023.

Seus representantes justificam isso ao considerável avanço acelerado nos investimentos para o desenvolvimento de pesquisas e produção de hardwares e softwares voltados aos mais diferentes setores, sobretudo de fábricas.

Aqui no Brasil, há vários exemplos de empresas que investem bastante na área da robótica, atuando em diversas áreas que vão desde a medicina até a agropecuária. Muitas empresas brasileiras aceleraram os investimentos em robôs móveis para realizar trabalhos considerados mais perigosos no lugar de empregados.

Desde o cachorro-robô de quatro pernas até veículos movidos por rodas e esteiras, a tecnologia está assumindo o risco em serviços expostos a altas temperaturas, grandes alturas e a produtos químicos em diferentes setores. A mineradora VALE, por exemplo, comprou um “cão-robô”, chamado *Anymal*, por aproximadamente R\$ 1 milhão. O robô quadrúpede criado pela suíça *Anybotics*, foi adaptado para as operações de fiscalização na área de mineração. O robô planejou rotas, subiu e desceu escadas, exibiu um mapa da área sob inspeção. Focou ainda em objetos e instrumentos, transmitindo imagens, inclusive com medições de temperatura. Nesse contexto, é evidenciado a fabricação de robótica educacional, mormente, com projetos voltados para a cultura *maker* em sala de aula (CUNHA; NASCIMENTO, 2018).

Com a emergência em busca de novas tecnologias relacionadas as indústrias, robôs e equipamentos que garantam a segurança dos envolvidos no trabalho diário com essas tecnologias se torna essencial. Neste sentido, são observadas profundas transformações nos diferentes setores industriais, ocorrendo impactos consideráveis nas condições de trabalho tanto no Brasil, como no mundo. À medida que cresce o número de atividades automatizadas em relação às máquinas, é imprescindível os investimentos no que se refere a segurança e proteção dos trabalhadores que atuam em ambientes com a presença de máquinas.

Para a instalação de um robô e automação robótica é necessário uma série de alterações no ambiente de uma linha de produção, como por exemplo, nos equipamentos tanto na programação, quanto na sincronização das operações, na comunicação entre equipamentos, e principalmente na instalação de sensores, controladores e outros dispositivos de segurança na célula robótica.

Logo, este artigo visa propor um modelo de robô colaborativo de baixo custo, do tipo humanoide, controlado de forma remota, para uso nas operações de diversos setores da indústria, sobretudo em situações de risco, com planejamento de um posto de trabalho sem comprometer a segurança do trabalhador, permitindo a programação, operação, monitoramento e controle do mesmo, sem complexidade.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma pesquisa da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico apontou que 32 dos 38 países-membros terão, em breve, um em cada dois empregos provavelmente afetados pela automação. Podemos citar como exemplos de áreas que serão impactadas a mobilidade urbana como os carros autônomos substituindo os motoristas, os robôs cozinheiros mais produtivos que humanos e até na visão computacional fazendo uma melhor análise de imagens de segurança ou de exames médicos, onde a inteligência artificial poderá diminuir o número de falhas humanas em uma cirurgia realizadas por um sistema robótico guiado por um médico distante, vários quilômetros do paciente.

Conceitos tecnológicos surgem e são atualizados constantemente, atuando como suporte no desenvolvimento empresarial. A Indústria 4.0 representa um avanço no desenvolvimento das indústrias (QIN; LIU; GROSVENOR, 2016). Diversas tecnologias digitais recebem o título de habilitadoras, tais como robótica avançada, manufatura aditiva, simulação, realidade aumentada, internet das coisas, nuvem de dados, entre outras, contribuem para a atualização e inserção das organizações no ambiente da indústria 4.0 (WANG *et al.*). A abordagem desse tema, foi publicamente realizada pela primeira vez na feira de Hannover na Alemanha, em 2011. Na ocasião, o governo local o apresentou como um projeto de estratégia de alta tecnologia, com o objetivo de informatizar a manufatura por meio de interações em tempo real entre humanos, robôs, a logística de fábrica e a administração da empresa (DRATH; HORCH, 2014).

Em 1999, na Northwestern University em Evanston, Estado de Illinois nos Estados Unidos da América, os professores Edward Colgate e Michael Peshkin desenvolveram inicialmente um robô colaborativo (PESHKIN *et al.*). Segundo os autores, o projeto possibilita a interação física com humanos em um espaço de trabalho

compartilhado, com o intuito de suprir a lacuna entre uma estação de trabalho manual e uma automática. Tecnologias, tais como algoritmos de controle especiais, interface homem-máquina e sensores integrados para abordar soluções de colisão e segurança estão presentes nos projetos atuais desses robôs, visando a reprogramação rápida, com flexibilidade e segurança [DJURIC, URBANIC e RICKLI, 2016], com o intuito de associar a capacidade de força e resistência dos robôs à tomada de decisão dos operadores.

Os robôs colaborativos manipulam produtos de baixo peso. Contudo, para que este tipo de robô alcance um melhor desempenho, devem poder operar também ao lado dos humanos, com a manipulação de produtos de médio e alto peso, uma vez que aproximadamente 45% do mercado global envolve cargas acima de 15 kg [BOGUE, 2016]. O autor afirma que o trabalho com robôs colaborativos pode oferecer menores custos, devido à redução de materiais para a segurança, podendo gerar economia de espaço, adaptando-se rapidamente às novas tarefas. No entanto, mesmo com a tecnologia de sensores embarcada no robô, o humano ainda é o componente fundamental na execução das operações colaborativas.

#### 4. METODOLOGIA

Considerando a interação humano-robô e a segurança tecnologia robótica (sistemas híbridos e cognitivos), foi realizada uma análise de como poderia ser alcançado o objetivo do artigo que é propor um modelo de um robô colaborativo, a fim de que pudesse responder aos comandos enviados a grandes distâncias por um operador humano.

Com relação a abordagem de pesquisa para este trabalho, trata-se de uma abordagem qualitativa pois conta com aspectos referentes a coleta de dados de modo prático. Os dados foram extraídos de documentos técnicos, análises de concorrentes e através de entrevistas diretas com especialistas da área de engenharia. A abordagem qualitativa das informações também se dá por meio de descoberta, descrição, compreensão de dados e participação do pesquisador no processo de estudo.

Através de uma pesquisa de cunho técnico em busca de dados de equipamentos e soluções de automação que executassem as funções de um robô humanoide remotamente controlado no mercado atual, foram encontrados alguns modelos, sendo os principais: TOYOTA T-HR3, *iCube* e Panasonic-Magnus. Ambos os equipamentos listados são de origem internacional e, portanto, não possuem fabricação no território nacional, fator que torna o custo destes equipamentos alto e com linhas de crédito bastante limitadas. Estão sendo considerados como produtos de referência três modelos de robôs colaborativos dos principais fabricantes já bastante conceituados no mercado mundial. Estes modelos por se tratarem de equipamentos de altíssima qualidade, possuem informações técnicas que já atendem o mercado e já se enquadram nas normas regulamentadoras. Portanto, o aproveitamento destas informações de concorrentes possui grande importância no desenvolvimento de produtos.

No segundo momento da pesquisa, selecionamos os tipos de materiais e mecanismos que iriam ser utilizados na montagem do protótipo, definindo ainda as condições de funcionamento, custos de fabricação e manutenção.

Após um estudo detalhado das funções que o robô precisaria executar, teve início a confecção do primeiro protótipo, que foi construído basicamente de peças feitas em uma impressora 3D e também de partes metálicas usinadas em uma fresa CNC (Controle Numérico Computadorizado), sendo que a aquisição e compra dos componentes como servo-motores, microcontroladores e sensores, foram feitas a partir de uma pesquisa no mercado local como também com vendedores internacionais, buscando a máxima redução de custo. Após as pesquisas, foi elaborado uma planilha de custo informando todos os valores para fabricação do robô.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente capítulo será apresentado a fase de projeto prático. Esta etapa é responsável pela geração de um protótipo com várias configurações possíveis para explicitar o conceito do robô em desenvolvimento utilizando os dados obtidos nas etapas de pesquisa.

A fase de desenvolvimento do posto de trabalho colaborativo permitiu aos alunos planejarem o layout conceitual do local de trabalho considerando a inclusão de quatro áreas operacionais, sendo o primeiro um espaço de trabalho operacional, projetado para a instalação completa do posto de trabalho, que inclui além do robô e dos operadores, uma área para logística e movimentação de materiais para testes reais com o robô. Já no segundo local, um espaço de trabalho não colaborativo, dedicada para trabalhos realizados de maneira automática e sem a intervenção humana. Nesta área, o robô pode se mover com a velocidade de um robô tradicional. Na terceira área, criou-se um espaço de trabalho colaborativo, localizada dentro do espaço operacional onde o sistema do robô (incluindo o produto a ser manipulado) e um humano podem realizar tarefas simultaneamente durante a operação de produção, por meio de uma cooperação direta entre humano e robô. Nesta área de trabalho, o robô colaborativo pode se mover a uma velocidade que deverá ser determinada através da análise de apreciação de risco. E, por último, temos um espaço de trabalho manual o qual destina-se às atividades exclusivamente realizadas pelos operadores relacionadas aos registros de informações, documentação do posto de trabalho, controle de fluxo de materiais, gestão da qualidade, entre outros.

Durante a fabricação do sistema robótico, garantimos que o projeto e a construção do sistema robótico, incluindo seus sistemas de segurança, estivessem em conformidade com os princípios descritos no objetivo do projeto. Vários testes foram realizados a fim de validar seu funcionamento em todos os quatro espaços de trabalho.

O robô foi implementado e construído, tendo sido testado e validado em ambiente real controlado. Foram realizados testes verificando a sua navegabilidade frente a barreiras, capacidade de percepção e comunicação. Os resultados foram promissores, validando a proposta. As decisões de projeto em relação à estrutura mecânica se mostraram adequadas a aplicação, assim como os ângulos de movimento conseguidos com seus 10 servo-motores simulando um braço humano, que permitiram ao mesmo segurar, e movimentar os objetos utilizados nos testes, que vão desde ferramentas manuais como chave de fenda e furadeiras até copos e talheres. A arquitetura embarcada, apesar de simples, permitiu o acoplamento de sensores que são de grande utilidade e aplicabilidade para o operador, e mostrou que novos equipamentos podem ser adicionados sem mudanças drásticas no sistema atual. Já o sistema de comunicação apesar de ter apresentado um bom desempenho em nível de testes, deverá ser aperfeiçoado. O alcance do módulo transceptor escolhido para o protótipo não é suficiente para aplicações reais.

Embora o robô já possua alguns sensores como de luminosidade e uma câmera que permite o operador ver em tempo real todos os seus movimentos, como trabalhos futuros, novos sensores podem ser instalados para melhorias na comunicação do robô com o ambiente, como por exemplo a instalação de alto-falantes e microfones que permitiriam o operador do robô se comunicar com outras pessoas mesmo a grandes distâncias e câmeras termais ou infravermelho para um melhor monitoramento do ambiente.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sistemas robóticos desempenham um papel muito importante nos processos produtivos automatizados. A maioria dos sistemas robóticos trabalha em células isoladas, de modo a não ferir ninguém. De qualquer forma, a intervenção humana é indispensável. Quanto maior a colaboração entre homem e robô, mais eficiente é o trabalho: tem-se a força e a precisão da máquina com a capacidade de resolução de problemas do ser humano. No segmento de sistemas robóticos industriais, há uma tendência crescente pela adoção de sistemas de colaboração homem-robô (em inglês, *Human-Robot Collaboration – HRC*), onde máquina e pessoas dividem o mesmo espaço de trabalho. Porém, a segurança de um sistema robótico colaborativo depende de alguns fatores, como a execução precisa da apreciação de riscos, seleção de robôs com as funções de segurança apropriadas, seleção de dispositivos adicionais de segurança adequados e, por fim, a validação por parte do integrador do sistema.

---

## REFERÊNCIAS

BOGUE, R. Europe continues to lead the way in the collaborative robot business. **Industrial Robot: An International Journal**, v. 43, n. 1, p. 6-11, 2016.

CUNHA, F. O. M.; NASCIMENTO, C. R. Uma abordagem baseada em robótica e computação desplugada para desenvolver o pensamento computacional na educação básica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 29., 2018, Fortaleza. **Anais [...]** Porto Alegre: SBC, 2018. p. 1845-1849.

DJURIC, A., URBANIC, R., AND RICKLI, J. A Framework for Collaborative Robot (CoBot) Integration in Advanced Manufacturing Systems. **SAE International Journal of Materials and Manufacturing** 9 (2):457-464, 2016.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or hype? **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56- 58, 2014.

PESHKIN, M. A. *et al.* architecture. **IEEE Transactions on Robotics and Automation**, v. 17, n. 4, p. 377-390, 2001.

QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 173-178, 2016.

WANG, S. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 1, p. 3159805, 2016.

ZANETTI, H. A. P.; SOUZA, A. L. S.; D'ABREU, J. V. V.; BORGES, M. A. F. O Uso da robótica em jogos digitais como sistema de apoio ao aprendizado. In: JAIE – JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO e CBIE – CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA DA EDUCAÇÃO. Rio de Janeiro, 2012.