

Construção de manipuladores robóticos para o estudo de robótica industrial

Bernardo de Souza Silva ¹; Jennifer Heloisa Damasceno Dias ²; Emily Kerolayne Miranda Ferreira ³; Pedro Henrique Alves de Souza ⁴; Michelle Mendes Santos ⁵; Leandro Freitas ⁶

Palavras-chave: manipuladores robóticos, estudo da robótica, impressão 3D, prototipagem

Área do Conhecimento (CNPq): 3.04.05.02-5 / Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais e 3.05.05.04-6 / Robotização

1 Bernardo de Souza Silva, Bolsista PIBIC-Jr. (IFMG), Automação Industrial, IFMG Campus Betim, Betim - MG; ybernardo2015@gmail.com

2 Jennifer Heloisa Damasceno Dias, Bolsista PIBIC (IFMG), Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Betim, Betim – MG; jenniferdias2011@live.com

3 Emily Kerolayne Miranda Ferreira, Bolsista Voluntário, Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Betim, Betim – MG; emilyKMF1321@gmail.com

4 Pedro Henrique Alves de Souza, Bolsista Voluntário, Automação Industrial, IFMG Campus Betim, Betim – MG; pepe.henrike007@outlook.com

5 Orientadora: Michelle Mendes Santos, Pesquisadora do IFMG, Campus Betim; michelle.mendes@ifmg.edu.br

6 Orientador: Leandro Freitas, Pesquisador do IFMG, Campus Betim; leandro.freitas@ifmg.edu.br

RESUMO

Os manipuladores robóticos representam grande avanço tecnológico dentro das indústrias, e até mesmo em outros ambientes, como, por exemplo, nas áreas da agricultura e da medicina. Devido ao alto custo de desenvolvimento, instituições de pesquisa e ensino encontram dificuldade em robôs desse tipo em quantidade adequada para utilização em aulas práticas. Contudo, o mercado de trabalho no setor da Automação Industrial requer profissionais com formação e experiência no uso de robôs. Visando atrair o interesse dos estudantes para o tema da Robótica Industrial, este projeto tem o objetivo de desenvolver robôs manipuladores de pequeno porte que, além de capacitar os bolsistas e voluntários participantes do projeto, poderão ser utilizados posteriormente em disciplinas dos cursos técnicos e de graduação e em cursos de extensão. Este projeto permitirá o avanço nas pesquisas de novas configurações, materiais e algoritmos para a construção de manipuladores robóticos para fins didáticos. Além de avançar nos estudos dessas tecnologias, haverá aplicação da pesquisa no próprio Campus, pois a construção de manipuladores robóticos permitirá a utilização dos mesmos em disciplinas, projetos de extensão, projetos integradores e trabalhos interdisciplinares. Foi realizada inicialmente, a montagem e programação de um manipulador robótico de MDF. Em seguida, iniciou-se a construção de peças para montagem de outros dois projetos de manipuladores robóticos. Para construir essas peças, a metodologia escolhida foi a manufatura aditiva por meio de impressão 3D, visando diminuir o custo de produção dos robôs e facilitar sua replicação, pois, de posse dos arquivos do projeto, especificação dos materiais e instruções de montagem, os robôs construídos ao longo do desenvolvimento deste projeto podem ser reproduzidos em outras instituições. Na montagem do primeiro robô, fabricado em MDF, verificou-se que ele é muito frágil mecanicamente. A utilização de joysticks para comandar sua movimentação dificulta o controle manual, em comparação com potenciômetros simples. No âmbito da manufatura aditiva, observou-se dificuldades em relação à impressão de peças muito pequenas, além da falta de aderência das peças quando a temperatura da mesa aquecida encontra-se abaixo de 60° C. Este projeto está em fase de desenvolvimento e espera-se, ao final do projeto, que se tenha construído finalizados os manipuladores mencionados ao longo deste texto e desenvolvido mais uma configuração de robô cartesiano.

INTRODUÇÃO:

Nos últimos anos, grandes empresas e pesquisadores vêm criando e renovando máquinas e equipamentos, que possuem o objetivo de substituir a mão de obra humana direta em algumas atividades (COSTA; GADE, 2014). Os manipuladores robóticos estão presentes principalmente nas indústrias, possibilitando a padronização de produtos, agilidade, velocidade e precisão na fabricação. De acordo com Craig (2012), uma das grandes razões para o aumento da utilização de robôs nos processos industriais é a redução de seu custo. Desse modo, a atuação direta da mão de obra humana na produção é muitas vezes substituída por robôs que poupam, além do custo, o desgaste físico, acidentes, erros humanos e conferem maior qualidade e uniformidade aos produtos industrializados.

Os manipuladores são tipos de robôs fixados no chão que possuem diversas funções, dependendo de suas ferramentas. Estas estão localizadas na ponta do manipulador, podendo efetuar tarefas de soldagem, pintura, realocação de objetos e até pinçagem. Os manipuladores robóticos podem ter vários graus de liberdade, que dependem do número de elos e juntas. Os elos são as conexões entre as juntas. As juntas permitem a movimentação entre os elos e a ferramenta (ROSÁRIO, 2005). Essas características definem a amplitude e a forma do espaço de trabalho do robô, que por sua vez acarretará na complexidade da programação. “A era robótica atinge também a área da educação, que tem buscado inserir conceitos e material da robótica no aprendizado das crianças e adolescentes” (YANAGIYA et al., 2015, p.02).

O estudo da robótica no nível médio, técnico e superior exige muito investimento por parte das instituições, portanto é um grande desafio financeiro trazer a análise e construção dos manipuladores robóticos para fins didáticos. O aprendizado adquirido nessa área desenvolve o entendimento de programação, prototipagem, eletrônica e mecânica, além de incentivar o empreendedorismo e solução de problemas. Essa interação cria uma atmosfera de interesse e envolvimento por parte dos alunos, podendo integrar-se com outras áreas do conhecimento, desenvolvendo atividades no âmbito interdisciplinar.

“A indústria está em transformação a uma velocidade nunca antes vista, impulsionada pelo desenvolvimento e utilização de tecnologias facilitadoras, cada vez mais evoluídas e ágeis” (COELHO, 2016, p.04). O mercado de trabalho que os futuros técnicos e engenheiros em Automação Industrial encontrarão terá grande proximidade com as tecnologias de produção. Portanto, é necessário que os estudantes tenham contato com os manipuladores robóticos, de modo a reunir os conhecimentos adquiridos durante todo o curso, nas áreas da Matemática, Física, Eletrônica, Programação, Desenho, etc.

Com o intuito de avançar a área da robótica no *Campus* Betim e integrar os manipuladores robóticos às disciplinas e trabalhos, além de diminuir o custo da construção, objetivou-se no projeto a produção de manipuladores robóticos microcontrolados *open source* de baixo custo. Os protótipos serão utilizados como forma de estudar e melhor compreender os robôs presentes no mercado de trabalho industrial, desenvolver placas de circuito impresso para o funcionamento, interagir com a plataforma Arduino no desenvolvimento de programas, modelar um sistema físico 3D, promover a produção científica e interdisciplinaridade.

Segundo Megda, Moreira e Fassbinder (2017), a criação do braço manipulador didático mostrou-se eficiente para objetos leves. O uso dos servomotores limita o peso, portanto seria necessário outros

motores com maior torque, de corrente contínua ou alternada. Sensores nas garras ajudam a fornecer maior precisão, contudo o braço demonstrou com agilidade e precisão o funcionamento de um manipulador industrial. Além disso, por ser de fácil construção e baixo custo, permite o acesso e a difusão no ensino.

O laboratório de pesquisa do *Campus* Betim já conta com uma impressora 3D, portanto a maneira de diminuir o custo foi utilizando a manufatura aditiva (processo de fabricação que consiste na adição de material em forma de camadas planas sucessivas) para projetar e construir cada peça do manipulador.

METODOLOGIA:

O projeto iniciou-se com a revisão bibliográfica, abordando livros conceituados da área de Robótica e textos sobre projetos *open source* de manipuladores robóticos construídos utilizando manufatura aditiva. O primeiro manipulador robótico foi construído em MDF, baseado no modelo MeArm, que pode ser adquirido facilmente em lojas virtuais de eletrônica. Ele foi montado utilizando quatro micro servos 9g SG90 TowerPro, que foram conectados a um Arduino UNO R3, para possibilitar a programação. Optou-se por iniciar o trabalho pela montagem de um manipulador com peças disponibilizadas para compra, a fim de que a equipe pudesse ter a primeira experiência com a montagem. As peças foram analisadas e, em seguida, a montagem foi realizada com o uso de porcas e parafusos M3, com comprimento variando de peça a peça. Nenhum dos parafusos foram apertados fortemente, pois tratam-se de um conjunto de peças móveis. Portanto, foi necessário fazer o mínimo de força, suficiente apenas para juntar as partes sem prejudicar a cinética do manipulador. A montagem final desse manipulador pode ser observada na Figura 1.

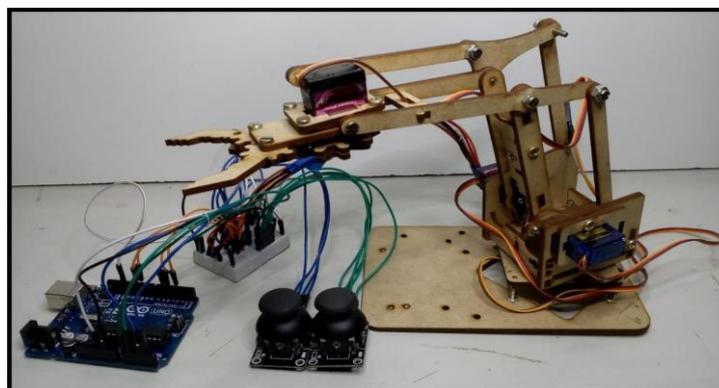


Figura 1 - Manipulador robótico de MDF, constituído pelo microcontrolador Arduino UNO R3, joysticks e micro servos. Fonte: acervo pessoal.

Concluída a montagem, prosseguiu-se para a programação do manipulador. A lógica escolhida consiste em comandar os movimentos através de dois joysticks, sendo um destinado à garra e antebraço, e outro destinado ao controle do braço e da base do manipulador. Sendo assim, cada servo (com 180° de rotação) permitiu uma liberdade de movimento do braço nos eixos x, y e z. O joystick move-se para frente, trás, esquerda e direita. Desse modo, definiu-se que duas direções contrárias seriam destinadas a um servo, e outras duas movimentariam outro servo. Por exemplo, ao se movimentar o joystick para frente, o servo da garra aumentaria seu grau atual de repouso, abrindo a garra. Ao se movimentar o joystick para a

esquerda, o servo do antebraço levaria a garra imóvel para a esquerda. O mesmo acontece com o braço e com a base do manipulador, que são controlados por outro joystick, portanto é possível realizar apenas dois movimentos por vez na programação do manipulador. Após o entendimento do funcionamento do manipulador, a programação foi elaborada de forma a receber a posição e direção dos joysticks e converter em variação de graus do servo. Assim, o arduino lia a posição do joystick e a transformava em uma informação de graus de rotação para o servomotor.

Para movimentar o joystick para outro lado, a fim de mover outro servo sem que o movimento anterior fosse desconsiderado, e um dos servos controlados pelo mesmo joystick voltasse a sua posição inicial, foi necessário modificar a programação de forma a acrescentar ao programa uma lógica de incremento e decremento na posição do servo, de acordo com os valores recebidos do joystick. Assim, mesmo que o joystick voltasse ao seu repouso, a posição do servo se manteria e só modificaria caso o joystick mandasse outra posição que não fosse a de seu repouso. Por exemplo, caso a garra fosse aberta, e fosse preciso que o antebraço se movesse para a esquerda, desde que o joystick não fosse movimentado para trás, ele poderia ser movimentado para a esquerda e direita, fazendo com que o movimento da garra não seja alterado. Além disso, também foram adicionadas restrições na movimentação da garra e dos motores do braço robótico, a fim de que não ultrapassem o seu limite físico, pois a rotação de cada servo era de 180 graus, porém fisicamente o manipulador não poderia concluir 180 graus em cada articulação, com louvor.

Concluído o manipulador robótico pioneiro do projeto, procedeu-se para a construção do primeiro robô por manufatura aditiva, ou impressão 3D. A equipe optou pelo projeto YAME (YAME, 2019), desenvolvido na Faculdade de Engenharia do Porto. A configuração desse projeto é bastante semelhante ao primeiro manipulador montado em MDF. Essa foi a principal justificativa para a escolha do YAME como projeto inicial para impressão. Com isso, foi possível comparar a mecânica de dois manipuladores semelhantes, porém, confeccionados com materiais diferentes. Primeiramente, as peças 3D, em arquivo STL, foram coletadas no site do projeto YAME, em formas e proporções semelhantes ao manipulador de MDF. Em seguida, foram convertidas em G-Code, linguagem utilizada pelo hardware da impressora para construir peças. O código é composto por letras e números, que indicam posição, velocidade de impressão, temperatura da extrusora, entre outras necessidades para o funcionamento da máquina (AZEVEDO, 2013).

Após a conversão da peça para o G-Code, alterou-se comandos no código de acordo com as configurações que são definidas no programa da impressora 3D, como o preenchimento (60%), tipo de preenchimento (favo), altura das camadas, temperatura da mesa aquecida (70° C), temperatura do bico (220° C), espessura da camada (0,250 mm), camadas no piso (5), parede (2) e topo (5). Estes são os parâmetros de impressão configurados para todas as peças, de modo que fiquem prontas nos conformes, resistentes e bem aderidas na mesa de trabalho.

Dentre os materiais disponíveis para impressão 3D no mercado atualmente, decidiu-se utilizar o PLA (Ácido Polilático), um termoplástico ideal para iniciantes, pois não emite gases, não precisa necessariamente de mesa aquecida e não se deforma facilmente. No processo de impressão, o filamento é aquecido pelo bico extrusor da impressora, de modo a derreter e formar várias camadas planas sucessivas na mesa de trabalho, gerando as peças.

Todas as partes do manipulador robótico exigiram o mesmo procedimento: converter a peça em G-Code, ligar e configurar a impressora 3D, colocar a temperatura da mesa aquecida em 70° C, aguardar a impressão, desligar a mesa aquecida, esperar esfriar e retirar a peça com cuidado. Em algumas vezes, observou-se erros na aderência da peça à mesa aquecida. Nesses casos, foi necessário descartar a impressão e reiniciar o processo.

A montagem do manipulador por impressão 3D ocorreu da mesma forma que o manipulador de MDF. Também foram utilizados parafusos e porcas M3, entretanto, houve peças em que os espaços para os parafusos e o encaixe dos Micro Servos não foram compatíveis, de modo que fosse necessário alargar os espaços com uma espécie de agulha grossa ou redesenhar a peça em maiores proporções. Este manipulador encontra-se em fase de finalização, faltando apenas alguns ajustes para ser testado. Além disso, iniciou-se a impressão do manipulador robótico mais robusto, que será o primeiro protótipo em nível maior do projeto. A situação atual dos robôs pode ser observada na Tabela 1 da seção de Resultados e Discussões.

Finalizada a programação do robô em MDF, foram feitos testes mecânicos. Movimentou-se os joysticks para todas as direções, de modo que fosse visto quais parafusos ficam frouxos com o desgaste da movimentação. Aqueles que se soltavam, concentrados principalmente na região da garra, foram novamente fixados com o auxílio de porcas, que não existiam na especificação inicial.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Observou-se que o robô feito com MDF (Figura 1), no que se refere ao aspecto mecânico, é frágil. Mesmo após colocar as porcas e apertar novamente, os parafusos da garra ficam frouxos e tendem a soltar. Além disso, a sua base não aguenta muito bem o peso do braço, pois o robô fica instável sem algo que segure a base durante a movimentação. A utilização dos joysticks para movimentá-lo fez com que o controle se tornasse mais difícil, já que a constituição mecânica e funcionamento não é tão boa comparado à utilização de potenciômetros rotativos.

Na construção de robôs por filamento PLA, as principais falhas da impressão 3D ocorreram devido à falta de aderência da peça à mesa de trabalho. Quando a mesa aquecida não é utilizada, ou a temperatura fica abaixo de 60° C, a peça tende a soltar. Observou-se experimentalmente que a temperatura adequada da mesa aquecida é de 70° C (sem que utilize-se produtos para aderir, como spray de cabelo, cola bastão, fita adesiva, etc.). Houve também falhas relacionadas ao tamanho das peças. Ao tentar imprimir peças muito pequenas, com cerca de 1 cm de diâmetro, o filamento que era derretido no bico extrusor se atrapalhava, formando peças deformadas. Foi necessário imprimir 3 vezes para que o procedimento desse certo.

O manipulador em fase de construção ainda não apresentou erros relacionados à impressão. Enquanto as peças do Black (manipulador de PLA em fase final) eram impressas na média de 20 minutos, as peças da Pérola (manipulador de PLA em construção) demoram, em média, duas horas. Observou-se que nas peças maiores ocorrerem menos erros que nas menores, uma vez que a área de contato para aderência de peças maiores evita que elas soltem da mesa e falhem na impressão.

Tabela 1 - Especificações e estado atual de construção dos manipuladores robóticos

Nome	JoyJoy	Black	Pérola
Material utilizado	MDF	PLA	PLA
Graus de liberdade	4	4	5
Atuadores	Micro servo	Servo	Motor de passo + servo
Comando	Joystick	Joystick	Potenciômetro
Microcontrolador	Arduino UNO R3	Arduino UNO R3	Arduino MEGA
Programação	Linguagem C	Linguagem C	Linguagem C
Arquivos CAD	STL	STL	STL
Estado da construção	Finalizado	Finalizando	Em construção

CONCLUSÕES:

Os objetivos do projeto foram cumpridos parcialmente. O manipulador robótico de MDF mostrou-se funcional na movimentação dos eixos x, y e z, além de pegar objetos leves. Portanto, concluiu-se o objetivo de torná-lo um material útil para a didática nas salas de aula. Contudo, não foi possível compará-lo com o manipulador semelhante impresso por manufatura aditiva, já que sua construção não foi totalmente finalizada por problemas de proporção algumas peças. Embora tenham ocorrido pequenas falhas na impressão, o estudo da manufatura aditiva no desenvolvimento de objetos e peças como forma de reduzir o custo foi concluído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- COSTA, L. C.; GADE, L. R. Controle de braço um braço mecânico por meio de movimentos reais de um braço humano. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, 24., 2014. Uberlândia. Resumos. Uberlândia: CBEB, 2014.
- CRAIG, J. J.; **Robótica**. Tradução: Heloísa Coimbra de Souza. 3ª ed. São Paulo: Pearson, 2012.
- ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- YANAGIYA, E. F. M.; MANTOVANI, S. C. A.; OKI, N.; BAZANI, M. A. Desenvolvimento de manipuladores robóticos visando sua utilização no ensino médio. In: **Congresso de Extensão Universitária da UNESP**, 8., 2015. Ilha Solteira. Resumos. Ilha Solteira: UNESP, 2015, p. 02.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 65f. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

MEGDA, O. A.; MOREIRA, H. R.; FASSBINDER, A. G. O. Desenvolvimento de um braço robótico simples, didático e de baixo custo utilizando arduino. In: **Mostra Nacional de Robótica**, 7., 2017. Curitiba. Resumos. Curitiba: Sistema Olimpo, 2017.

YAME. Site do Projeto YAME. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~yame/home/>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

AZEVEDO, F. M. **Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D**. 2013. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:

IFMG Aberto: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Betim

O grupo de pesquisadores explicou a criação de robôs a partir da manufatura aditiva (impressão 3D) e demonstrou a construção e funcionamento dos manipuladores robóticos para a comunidade.