

## DESENVOLVIMENTO DE UMA PATA 3DOF COMPLACENTE DE BAIXO CUSTO<sup>1</sup>

Felipe Lenschow<sup>2</sup>, Mariana Santos Matos Cavalca<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Vinculado ao projeto “Controle Preditivo Tolerante a Falhas”

<sup>2</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Voluntário de IC

<sup>3</sup>Orientadora, Departamento de Engenharia Elétrica– CCT – mariana.cavalca@udesc.br

Quadrúpedes demonstram notável versatilidade em diversos ambientes, mas demandam atuadores de alta densidade de potência. O uso de sistemas hidráulicos se torna excessivamente complexo nesse contexto, abrindo espaço para motores elétricos, que embora mais simples, requerem caixas de redução para ganhar torque, porém tal redução ser complacente é fundamental para uma integração eficaz, como dito por [1]. Os motores brushless oferecem precisão, confiabilidade e alta densidade de potência, sendo exemplificados na eficiência do movimento do Mini Cheetah [2]. Estruturas de planetária interna são comuns nesse contexto, no entanto é crucial ter em mente que o uso de materiais plásticos na mecânica gerar atrito indesejado [3].

Este estudo concentra-se no desenvolvimento de uma pata 3DOF (três graus de liberdade) complacente de baixo custo, utilizando a tecnologia de impressão 3D, sendo SLA para peças mais precisas, e FDM para peças gerais. O principal objetivo é criar uma pata que seja tanto funcional quanto esteticamente agradável, limitando-se a impressão 3D de maneira acessível. Como percebe-se pela Figura 1, os motores estão em cascata, formando assim uma estrutura similar a membros naturais. Os motores foram selecionados visando o baixo custo, portanto, são menores em raio e maiores em altura, quando comparados com os motores comumente usados nessa aplicação (que possuem redução interna), porém tem um número alto de polos para seu tamanho reduzido, o que torna a escolha deles muito interessante, assim como citado por [4]. Para assegurar uma proporção esteticamente equilibrada, foi adotada a estratégia de projetar uma caixa de redução extremamente fina, posicionada à frente do motor. Isso visa não apenas otimizar a eficiência da transmissão no espaço disponível, mas também manter a harmonia visual do conjunto. Com esse requisito, a caixa de redução mais adequada é do tipo cicloidal, já que é possível ter altas reduções em pouco espaço. A escolha de design de colocar os três atuadores na base da pata e usar polia e correia para a transmissão do movimento se dá pelo fato de que a inércia é reduzida, diminuindo o torque necessário para fazê-la se mover, assim como aumentando sua velocidade máxima.

Inicialmente, a modelagem 3D é realizada para criar um design preciso da pata e da caixa de redução, bem como para ter as tolerâncias corretas entre peças. Essa modelagem permite visualizar o sistema virtualmente, identificando possíveis problemas antes da produção física. Simulações são então empregadas para testar o desempenho do sistema. Isso inclui analisar a interação entre os componentes, as características de movimento da pata e a eficiência da transmissão. As simulações fornecem um feedback valioso que orienta os ajustes e refinamentos no design.

A prototipagem é uma etapa essencial para validar as simulações e o design conceitual. Os protótipos físicos da caixa de redução são produzidos utilizando impressão 3D. Esses protótipos permitem testar a funcionalidade real do sistema, identificando quaisquer problemas práticos que podem não ter sido previstos nas simulações. Além disso, uma pesquisa contínua é conduzida para identificar materiais ideais para a impressão 3D que combinem resistência, durabilidade e baixo custo. Essa pesquisa auxilia na seleção dos melhores materiais para a implementação final do projeto.

Os primeiros resultados deste projeto são encorajadores. O rolamento, um elemento crítico estrutural da redução, está operando de acordo com as expectativas, porém, a caixa de redução, embora funcional, ainda requer aprimoramentos, haja vista que impressão 3D e pequenas tolerâncias não combinam. A redução, que atualmente composta por apenas um disco, está operacional, mas há espaço para otimizações no design que podem aumentar sua eficiência e tolerância necessária, tais como a implementação com dois discos com defasagem de 180 graus entre si. A pata em si ainda está na fase de design. Através de uma abordagem iterativa, os princípios de baixo custo, proporção estética e complacência estão sendo aplicados para criar uma pata que não apenas funcione bem, mas também mantenha uma aparência visualmente agradável.

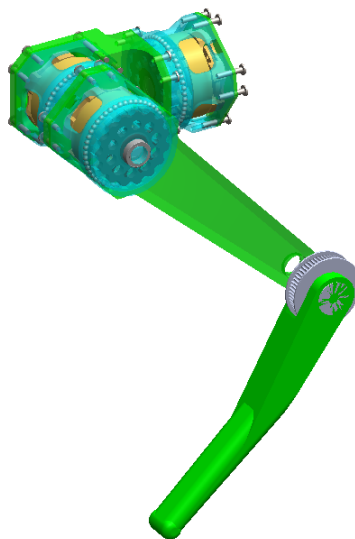


Figura 1: Projeto em desenvolvimento da pata  
Fonte: Próprio autor.

**Palavras-chave:** Quadrupede. Motores. Cicloidal. Impressão 3D. Brushless.

## Referências

- [1] J. Kim, T. Kang, D. Song, and S.-J. Yi, “Design and control of a open-source, low cost, 3d printed dynamic quadruped robot,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 9, p. 3762, 2021.
- [2] B. Katz, J. D. Carlo, and S. Kim, “Mini cheetah: A platform for pushing the limits of dynamic quadruped control,” in *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 6295–6301, 2019.
- [3] S. Bridges, G. Smith, R. Preston, H. E. Sevil, and M. Reynolds, “Bldc actuators revisited: A new cost-effective design and manufacturing for robotic applications,” *Proceedings FCRAR 2022*, 2022.
- [4] A. M. El-Dalatony, T. Attia, H. Ragheb, and A. M. Sharaf, “Development, estimation and control of a bio-inspired quadruped robotic leg,” in *2022 13th International Conference on Electrical Engineering (ICEENG)*, pp. 57–61, 2022.