



MEDIÇÃO DE ESFORÇOS EM PRÓTESES PARA CÃES: AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO DO ANIMAL

Carlos Alberto Costa ^[0000-0001-5623-8411], Área Ciências Exatas e Engenharia, UCS, cacosta@ucs.br
Rafael Basso ^[0000-0001-6482-5413], Área Ciências Exatas e Engenharia, rbasso9@ucs.br

Resumo. A amputação de animais é indicada para tratamento de neoplasias ou em casos de lesões irreversíveis. Normalmente as próteses podem ser utilizadas para compensar a perda do membro amputado. Contudo, a adaptação do animal a sua utilização é de difícil mensuração. Este trabalho propõe um dispositivo de captura de esforços próteses para cães, para avaliar a confiança do animal no uso desta. Foi criado um dispositivo impresso em 3D onde utilizou-se um sensor de força resistivo (FSR) para capturar a força aplicada sobre a prótese. Duas geometrias foram testadas para avaliar a captura da pressão na área de contato: formato pino reto e formato semiesférico. Para avaliar o mecanismo foram utilizados pesos padrões. O resultado mostrou que em aplicações com FSR a geometria de pino reto apresentou melhores resultados.

Palavras chave: Biomecânica animal. Confiabilidade. Marcha canina. Prótese Canina.

1. INTRODUÇÃO

O mercado de animais de estimação, conhecido como mercado pet, vem crescendo a cada dia. Segundo Miranda (2020), o Brasil se tornou o segundo maior mercado de produtos voltados para o mundo animal. Trata-se de um mercado promissor pelo seu constante crescimento e que movimenta cerca de R\$ 34,4 bilhões no país (SEBRAE, 2020). Esse mercado não se resume somente a prestação de cuidados básicos aos animais, como comida, vacinas, banho e tosa, mas também todos os aspectos relacionados à saúde e bem-estar animal. Assim, o cuidado com os animais de estimação entra em aspectos como intervenções em sua saúde como amputação, gerando assim a necessidade do uso de próteses. Bersch (2007, p.31) define os TA's como: "recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão". Trazendo para o âmbito animal, pode-se propiciar a eles uma qualidade de vida, que possa facilitar sua locomoção do dia a dia. Contudo, ainda existe uma série de dificuldades em relação aos estudos das próteses para animais. Farinaccio (2015) diz que: "O fato de não haver um feedback por parte dos animais complica muito o desenvolvimento das peças. É como querer saber a opinião de uma criança que ainda não fala." Na literatura pode ser evidenciado que existe uma grande lacuna em relação a estudos que comprovem a efetividade e confiabilidade do animal em relação ao uso da prótese. Adicionalmente, Faria e Carvalho (2002) enfatizam que: "Há muitas aplicações em Engenharia de Reabilitação nas quais se faz necessário o monitoramento dos esforços exercidos pelos membros com deficiência de mobilidade. Um dos objetivos dos programas de reabilitação é a restauração do controle funcional das extremidades paralisadas."

Em paralelo, o surgimento de novas tecnologias como a impressão 3D vem facilitar e tornar mais acessíveis os custos para obtenção destas próteses (Corso, 2019). Isso torna esse mercado muito atrativo para pesquisas e novos desenvolvimentos dentro da comunidade da engenharia. Uma das principais vantagens é que a impressão 3D permite uma prototipagem e visualização do projeto em um curto espaço de tempo, visando assim uma melhor perspectiva do modelo a ser desenvolvido (Volpato, 2017).

Desta forma, esse trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo para captura de esforços axiais com a finalidade de realizar uma análise de marcha de um cão. O trabalho foi conduzido em parceria com a área de Medicina Veterinária da Universidade de Caxias do Sul, visando um estudo da confiabilidade que o animal possui em relação à prótese que lhe foi concebida. O estudo terá foco em desenvolver um método de medição de forças em que o cão está exercendo sobre o protótipo desenvolvido.

Toda e qualquer avaliação da marcha canina é de extrema complexidade de ser percebida, pois a nossa capacidade de perceber detalhes particularizados durante o progresso pode ser difícil e, em alguns casos, até impossível, mesmo para alguém que é autoridade neste quesito. Contudo, com a evolução tecnológica e novos projetos voltados para estudos de movimento, tem auxiliado os profissionais da área a obterem um melhor entendimento da locomoção canina (Gillete e Angle, 2008). Segundo Decamp (1997) a marcha pode ser separada em dois conjuntos: simétrica e assimétrica. Tratando do primeiro, pode ser observado que o trote e o passo dos membros de um lado do corpo são repetidos do outro lado do corpo. Já no segundo conjunto, pode ser notado uma rotação no galope e os movimentos do membro de um lado do corpo não se repetem do lado oposto.

O centro de massa (CM) é um ponto fictício onde toda a massa ou peso do corpo do sistema em análise está centralizado (Shore, 2008). Segundo Nielsen (2002) conforme o animal corre, o CM desloca-se para cima e para baixo a cada fase da marcha. Conforme Gillete e Angle (2008) quando o animal está de pé, 60% do peso corporal é composto pelos membros frontais, e 40% pelos membros traseiros. Desta forma, o centro de gravidade do animal estará localizado atrás da escápula, mas se tratando de um animal que passou por uma amputação, a distribuição de forças é modificada. O

CM dos membros pélvicos está situado na articulação sacro-ílica, enquanto o dos membros torácicos está localizado na espinha da escápula. Quando todas as forças somadas, gravitacionais e inerciais, as mesmas resultam em uma carga vetorial que deve receber uma reação oposta, chamada força de reação do solo (FRS), conforme Fig. 4, aplicada no ponto de contato entre o membro e o solo.

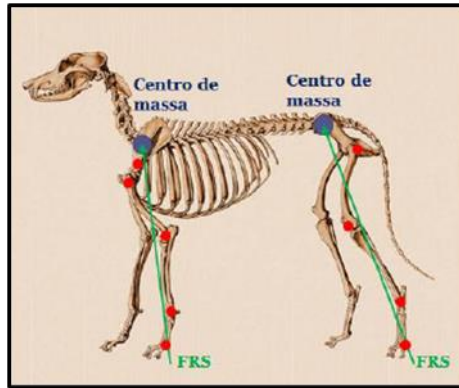


Figura 1. Esqueleto de cão, pontos de reação do solo (verde) e o CM (azul) (Kaufmann. 2016).

Quando um membro anterior é amputado, a redistribuição do peso passa a ser da forma que, os membros posteriores passam a suportar a carga de 54% do peso do corpo, metade em cada membro, ou seja, 27%. Em decorrência disso, o membro anterior em plenas condições passa a suportar 46% da carga do animal.

2. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Prototipagem Rápida (LRPA) e Laboratório de Metrologia da UCS, utilizando os recursos necessários disponíveis como a impressora 3D Sethi 3D, sensores e ferramentas de modelagem geométrica.

Para a instrumentação do dispositivo foram utilizados um sensor de força resistivo modelo FSR 402 (Fig. 2), que possui sensibilidade de medição na faixa de 0,1 N a 100 N, diâmetro de 12,7 mm, ativa de 126,68 mm², comprimento total de 54,1 mm e espessura de 0,46 mm. Relacionando a faixa de carga suportada com a área ativa, a pressão sustentada pelo um sensor é aproximadamente de 800 kPa. Para captura dos sinais foi utilizada uma plataforma de aquisição empregando um Arduino UNO utilizando um microcontrolador ATmega328 para controle do protótipo e processamento de dados (Fig. 2). Foi desenvolvido um programa em linguagem C para fazer a leitura do sensor através do ARD. Para realização do mesmo foi utilizado o software ARDUINO 1.8.16.

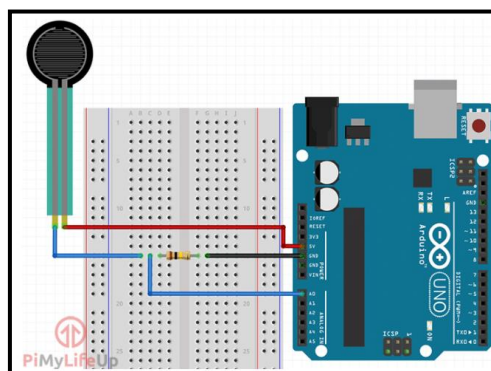


Figura 2. Sensor FSR 402 e Arduino UNO

Para escolha do sensor foi considerado um animal com peso de até 12 kg (pequeno porte). Desta forma, nos membros frontais a carga em cada membro seria de 30% do peso corporal, ou seja, o peso máximo aproximado seria de 3,6 kg em cada membro. Vale ressaltar que o cachorro não está em movimento nesse contexto, o que resulta cerca de 36 N de carga (considerando um animal saudável que não passou por nenhuma amputação de membro anterior). Considerando um caso de força máxima (durante trote) onde ocorre o deslocamento do CM do animal, estima-se um valor de 73,55 N de carga no sensor, o que está dentro da faixa de captura do sensor utilizado. A Fig. 3 representa o DCL (Diagrama de corpo Livre) considerado para este caso.

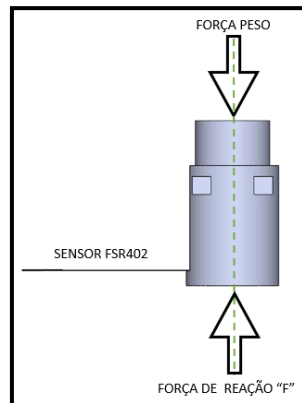


Figura 3. Representação conceitual do dispositivo de captura de força

Para o projeto do dispositivo mecânico utilizou-se o software SolidWorks da Dassault Systèmes. Foram analisadas as medidas ideais para a prótese visando melhor acondicionamento do sensor FSR402. O material utilizado para confecção do dispositivo impresso em 3D foi o PLA. Dois formatos geométricos foram definidos para avaliar a sensibilidade da área de contato com o sensor, definidas como ponteira no formato de pino reto e em formato esférico. Para os testes de captura e medição da força axial no dispositivo foram utilizadas cargas através de pesos padrões de 2 a 8 kg.

Como proposta inicial foi planejado uma prótese rígida separada em duas partes distintas, com uma abertura para disposição do sensor FSR. Ressalta-se que a ênfase deste trabalho foi na captura dos esforços na prótese e não o projeto da prótese em si. As dimensões externas foram projetadas com base nas dimensões do sensor FSR, de maneira que fosse possível acoplar de forma em que a área útil dele preenchesse toda base do dispositivo e assim resultasse num melhor acondicionamento do mesmo.

Com relação a parte interior, i.e. acoplamento das partes superior e inferior da prótese, foi prevista a intercambiabilidade da “ponteira”, onde seria feita a aplicação da carga sobre o sensor, deste modo podendo avaliar qual modelo geométrico em estudo obteria melhores resultados. A Fig. 4 mostra, na esquerda a parte inferior da prótese e o mecanismo de medição das forças. Ao centro é mostrado o mecanismo com as duas geometrias de contato (pino reto e esférico) e a direita a posição do sensor no dispositivo.

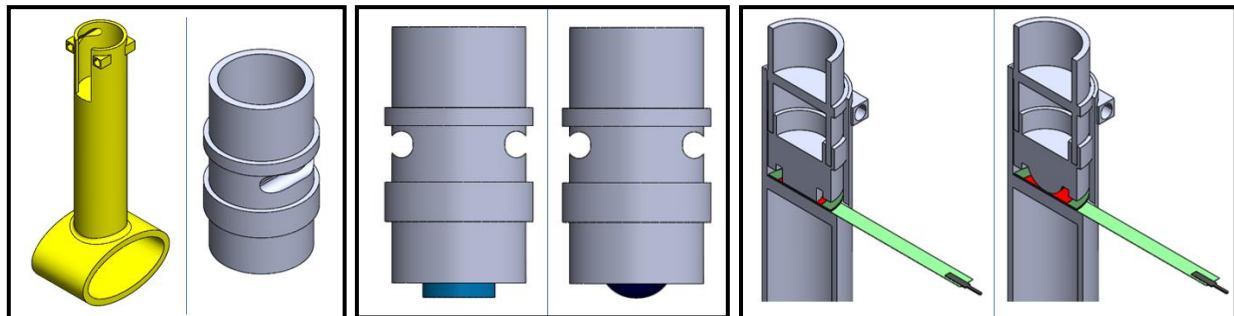


Figura 4. Fluxograma de atividades proposto pelo estudo

Para realização dos testes do sensor com a prótese, foi impresso em 3D a parte de interesse para a captura das forças, sendo a parte superior do modelo externo, e a parte interna, onde ambas são as partes relevantes do projeto, local onde têm contato direto com o FSR. Foi utilizado 0,1 mm de folga entre as partes móveis e a montagem das ponteiras, conforme orientações do fabricante da impressora 3D. Contudo depois de impresso foi verificado que era necessário lixar as partes para retirar as rebarbas e encaixar todo conjunto, desta forma aparecendo algumas marcas pretas após lixado, como pode ser observado na Fig. 5 (esq.), a fim de diminuir o atrito gerado entre as paredes. O conjunto foi montado, conforme Fig. 5 (dir.), respeitando os movimentos internos e tolerâncias de montagem. O sensor foi colado na estrutura com fita dupla face, conforme orientação do fabricante e montado o conjunto.

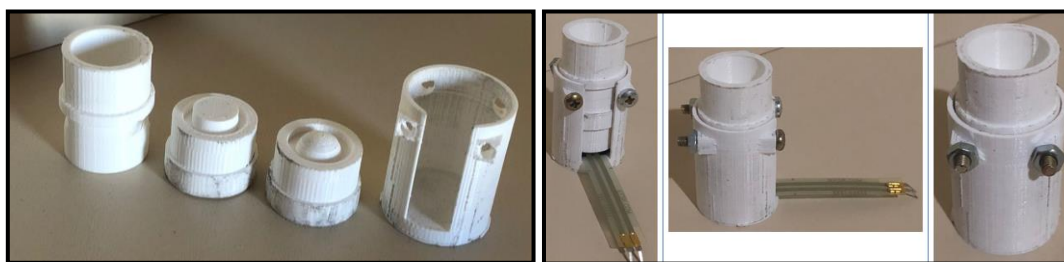


Figura 5. Componentes impressos do dispositivo (esq.) sistema de captura de forças montado (dir.).

3. RESULTADOS OBTIDOS

A etapa da medição das cargas foi realizada por meio de pesos padrão. Os testes foram realizados no laboratório de Metrologia da UCS, em um ambiente climatizado à 22° Celsius. Para realização foram utilizados os pesos de 1, 2 e 5 kg, desta forma podendo obter as curvas geradas pelo sensor com cada ponteira, exercendo as cargas de 2, 3, 5, 7 e 8 kg, mesclando os pesos em cada análise e através da mensuração foi possível compará-las com peso real aplicado em ambas situações. A Fig. 6 mostra o ambiente em que foram realizados os testes com os pesos padrão.

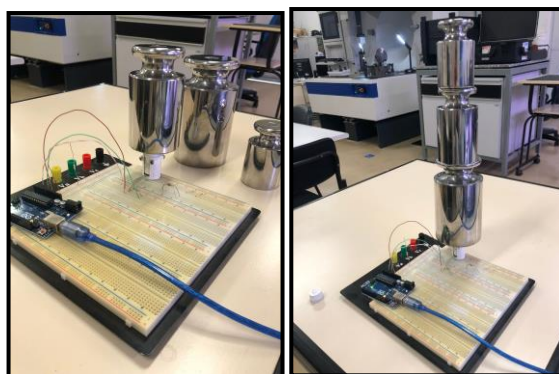


Figura 6. Ambiente de testes com graduação dos pesos padrão

Na Fig. 7 pode ser observado os resultados obtidos considerando os dois tipos de geometrias analisadas.

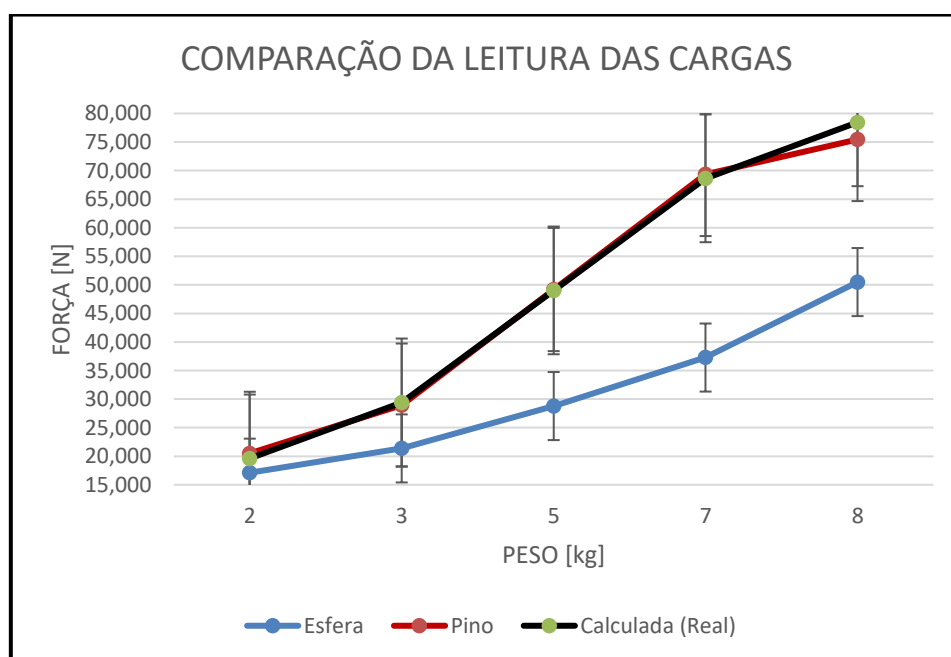


Figura 7. Ambiente de testes com graduação dos pesos padrão



Com base nos resultados obtidos, observa-se que os melhores resultados foram obtidos com formato de ponteira do tipo “pino reto”, uma vez que apresenta uma curva muito similar a carga aplicada. Isso porque nesse caso o carregamento é capturado de forma distribuída, apresentando erros menores que 5%. Para o caso da geometria tipo “esfera” que gera uma pressão concentrada e pontual, os erros são superiores, variando de 12% até 50% (Fig. 8). A proposta da geometria esférica visava minimizar a questão de ângulos de posição do membro dianteiro dos cães, mantendo assim sempre um ponto de contato. Contudo, no caso do sensor utilizado e projeto do dispositivo, isso gera erros não aceitáveis.

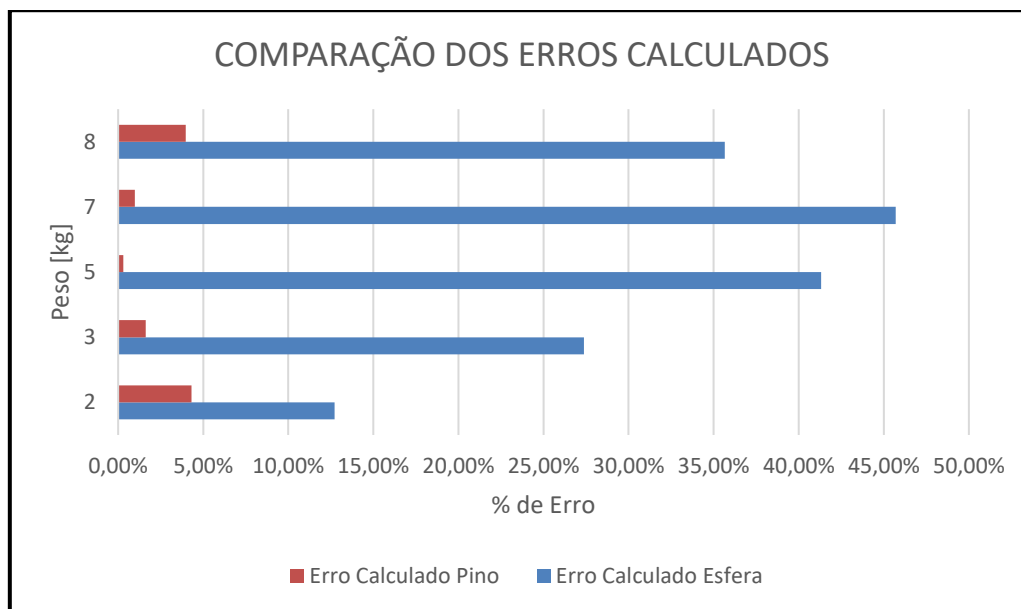


Figura 8. Erros absolutos para cada peso alocado

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido uma forma de capturar os esforços axiais em um protótipo de prótese para membro anterior de um cachorro de pequeno porte, por meio da aplicação de impressão 3D e um sensor de força resistivo. O trabalho envolveu a integração de conhecimentos entre as áreas da engenharia mecânica, eletrônica e medicina veterinária. Foi possível desenvolver e testar dois métodos diferentes para aplicação da carga sobre o protótipo proposto, sendo eles, um formato com ponteira esférica e o conceito pino reto. Os resultados mostram que o formato pino reto apresentou melhores resultados.

Apesar dos resultados obtidos e validados em ensaios experimentais, testes para avaliação do nível de adaptação e confiança de cães conforme o tratamento de reabilitação no uso de próteses não foram realizados, devendo ser conduzidos pelos profissionais da área de medicina veterinária. Com relação ao dispositivo como trabalhos futuros sugere-se a utilização de sensores adicionais para a captura de forças em outros sentidos além do axial, bem como um sistema de leitura das cargas aplicadas no sensor com telemetria.

5. REFERÊNCIAS

- BERSCH, R. Atendimento Educacional Especializado – Deficiência Física. SEESP / SEED / MEC, Brasília, 2007. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae_df.pdf. Acesso em: 24 Março de 2021.
- CORSO, M. S. Dal. Desenvolvimento de prótese para membro anterior de um canino por meio de impressão 3d. 2019. 6 p. Introdução (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2019.
- DECAMP, C.E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. **Veterinary Clinics of North American: Small Animal Practice**, 27(4): 825-841, 1997.
- FARIA, U. C.; CARVALHO, A. A. Implementação de transdutores com extensômetros para monitorar forças exercidas pelos membros superiores e inferiores de pacientes. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, [S. l.], p. 1-10, 11 dez. 2002.
- FARINACCIO, R. Próteses animais: como elas podem beneficiar bichos e seres humanos?. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/biologia/80600-protese-animais-elas-beneficiar-bichos-seres-humanos.htm/>. Acesso em 24/03/2021.
- GILLETE, R. L.; ANGLE, T. C. Recent developments in canine locomotor analysis: A review. **The Veterinary Journal**, 178, p. 165-176, 2008.



KAUFMANN, M.W. 1º Curso internacional de biomecânica Orthopets Brazil. São Paulo: 2016.

MIRANDA, L. Brasil torna-se o segundo maior mercado de produtos pet. In: Forbes Brasil. [S. l.], 1 ago. 2020. Disponível em: <https://forbes.com.br/principal/2020/08/brasil-torna-se-o-segundo-maior-mercado-de-produtos-pet/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

NIELSEN, S. W. Comparative pathology of bone tumors in animals, with particular emphasis on the dog. **Recent results cancer res.** v.54, p.3-16, 1976.

SEBRAE. O Mercado Pet. [S. l.], 13 mar. 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/o-mercado-pet,6897934a41fc0710VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 24 mar. 2021.

SHORE, S. N. **Forces in Physics: A Historical Perspective**, Greenwood Press, 2008. ISBN 978-0313-33303-3

VOLPATO, N. **Manufatura Aditiva: Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D**. São Paulo: E. Blucher, 1ª Ed. 2017.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.