

INSTITUTO FEDERAL

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE SISTEMAS PARA INTERNET SISTEMAS
PARA INTERNET**

JOSÉ PEREIRA DE SOUZA NETO

**PAWS - Uma solução inovadora em Cadeiras de Rodas para
Pets com Manufatura Aditiva e Robótica**

**SALGUEIRO
2023**

JOSÉ PEREIRA DE SOUZA NETO

**PAWS - Uma solução inovadora em Cadeiras de Rodas
para Pets com Manufatura Aditiva e Robótica**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do curso de
Sistemas para Internet do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sertão Pernambucano,
campus Salgueiro, como requisito
parcial à obtenção do título de
tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador: Marcelo Anderson Batista
Dos Santos

SALGUEIRO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N469 Neto, José Pereira de Souza.

PAWS - Uma solução inovadora em cadeiras de rodas para pets com manufatura aditiva e robótica / José Pereira de Souza Neto. - Salgueiro, 2023.
33 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Anderson Batista do Santos.

1. Robótica. 2. Manufatura aditiva. 3. Pets. I. Título.

CDD 372.358

PAWS - Uma solução inovadora em Cadeiras de Rodas para Pets com Manufatura Aditiva e Robótica

José Pereira de Souza Neto¹, Marcelo Anderson Batista do Santos²

¹Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - Campus (IFSertãoPE) - Salgueiro – Pernambuco – Brazil

jose.neto1@aluno.ifsertao-pe.edu.br, marcelo.santos@ifsertao-pe.edu.br

Abstract. *According to the IBGE (2013), there are around 132 million pets in Brazil. Guardians have acquired more and more animals, increasing conviviality in households and to an increase in concern, especially when it comes to pets that have some locomotor problems. Such problems can be resulting from diseases or accidents leading to injuries that make it impossible for them to move. The objective of this work is to develop a motorized wheelchair to assist these animals. For this, prototyping technologies will be used in connection with robotics techniques, aiming to support these tutors and upgrade the quality of their pets' lives.*

Resumo. *No Brasil, segundo o IBGE (2013) existem cerca de 132 milhões de animais de estimação. Os tutores têm adquirido cada vez mais animais aumentando o convívio nos lares e com isso à uma maior preocupação também, principalmente quando o se trata de pets que possuem algum problema locomotor. Tais problemas podem ser causados por doenças ou acidentes acarretando a lesões ou paralisias que impossibilitam os seus movimentos. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma cadeira de rodas motorizada, que auxiliem esses animais. Para tal será utilizada tecnologias de prototipagem como a impressão 3D em conexão com técnicas de robótica, visando atender estes tutores e melhorar a qualidade de vida dos seus pets.*

1. Introdução

Segundo o IBGE (2013) no Brasil existem cerca de 132 milhões de animais domésticos. De acordo com o Instituto Pet Brasil (2022), o país se encontra na terceira colocação no ranking com os países que mais possuem animais de estimação no mundo. Durante a pandemia o

mercado cresceu cerca de 50% fazendo com que o setor fature algo em torno de R\$52 bilhões anualmente. Isso mostra o quanto os tutores estão dispostos a buscar soluções para melhorar a qualidade de vida dos seus animais.

Alguns *pets* necessitam de uma atenção maior por parte de seus tutores devido a problemas como lesões. Tais lesões podem ocorrer na medula espinhal, se tornar uma artrite ou outras condições que afetam sua capacidade de se mover. Para atender a casos como esses os tutores podem optar por cadeiras de rodas específicas, que se forem bem projetadas podem auxiliar a esta necessidade (NISHIMURA, 2018). As próteses também são opções em caso de perda de membros específicos. Mas ao depender do grau da lesão uma estrutura que sustente o animal com rodas ou uma prótese pode não ser o suficiente. Isso se dá porque ele não consegue ter tração nas rodas, faltando-lhe força para andar.

O uso de tecnologias de prototipagem como a impressão 3D possibilitam a produção de diversos itens, que podem ser aplicados nas mais variadas áreas, desde prototipagem de cadeiras de rodas até aplicações na área da robótica e saúde. Sendo uma das tecnologias presente na indústria 4.0 a manufatura aditiva/impressão 3D tem tido destaque em diferentes esferas sociais (OLIVEIRA, 2021).

Já a robótica permite a criação de diversas soluções que podem realizar múltiplas ações. Segundo uma pesquisa realizada pela Oxford Economics (2020) os robôs em 2030 ocuparão 20 milhões de empregos e eles não só se limitarão a processos industriais, a busca por robôs que executam diversas tarefas de forma autônoma está cada vez maior. Uma área da robótica que disponibiliza um leque de possibilidades é o sensoriamento, onde sua aplicabilidade é bem versátil. Hoje em dia é muito comum ver o uso de sensores no setor agrícola, construção civil e segurança, por exemplo, sendo possível utilizar a robótica e o sensoriamento também na área de saúde animal e pets.

Conectando estas tecnologias estima-se que seja possível viabilizar a criação de uma cadeira de rodas motorizada que atenda a necessidade de animais que possuem problemas locomotores severos. Sendo assim este presente artigo tem como objetivo motorizar uma cadeira de rodas para *pets*, que se movimenta através do deslocamento da cabeça do animal apresentando uma opção para seus tutores que não conseguem encontrar uma solução no mercado atual devido a indisponibilidade e ao custo.

2. Revisão Literária

2.1. Fundamentação Teórica

A manufatura aditiva é um meio de produção que tem revolucionado o mercado industrial com um impacto extremamente positivo, tornando mais simples a confecção dos produtos manufaturados devido a sua agilidade e baixo custo. Englobada no que se conhece hoje por Indústria 4.0, esse conjunto de técnicas de produção utiliza impressoras 3Ds para produzir inúmeros itens de diferentes formatos e tamanhos. Este moderno meio de produção possibilita a construção e manipulação de peças desenhadas em um ambiente computacional do tipo CAD, em 3D permitindo várias formas de modificação do modelo (GOMES, 2020).

A manufatura aditiva começou a dar os seus primeiros passos na década de 80. O engenheiro Charles Hull foi um dos primeiros a inventar uma impressora 3D. Charles teve uma frustração com os meios de produção convencionais. A produção de peças plásticas levavam até 2 meses para ficarem prontas, fator que atrasa a produção. Ele então imaginou a possibilidade de colocar camadas finas do material (resinas de plástico) uma sobre a outra, gravando sua forma utilizando da luz para gerar o objeto (WISHBOX, 2016). Este primeiro modelo criado por Charles se consiste na utilização de resina, onde a luz incidia sobre um tanque de fotopolímero. Este material muda de líquido para sólido quando entra em contato com a luz, junto ao sistema torna possível a formação do objeto tridimensional físico. Segundo WishBox (2016), esta técnica de impressão ficou conhecida como estereolitografia. A partir disso, a impressão 3D começou a se difundir no mercado, já naquela época em grandes indústrias, como General Motors e Mercedes-Benz que incorporaram as impressoras 3D's nos seus processos produtivos (GENERAL MOTORS, 2018). Hoje, nos dias atuais a teoria de Charles se concretizou. Ele acreditava que a manufatura aditiva iria demorar algo em torno de 25 a 30 anos para alcançar e ser acessível para o grande público. Na década de 90 era necessário desembolsar milhares de dólares para adquirir algum modelo de impressora 3D da época. Nos dias de hoje é possível conseguir bons modelos a baixo custo, efetuando a vinda da Indústria 4.0 para o ambiente doméstico e aumentando o número de empreendedores, concedendo mais autonomia ao grande público.

A difusão da impressão 3D no mercado estabelece maior qualidade e aperfeiçoamento da peça que está sendo produzida. De acordo com Gomes (2020), neste meio de produção é possível identificar interferências funcionais no processo, observar em tempo real a

montagem da peça ou mesmo o funcionamento do mecanismo projetado. “A prototipagem rápida é um marco gigantesco nos meios de produção” (WITGEN, 2019). Esta tecnologia permite acelerar os processos de desenvolvimento de produtos em diferentes ambientes, como exemplo o ambiente controlado (*DT&E – developmental test and evaluation*) ajudando a obter de forma mais rápida a maturidade tecnológica (*TRL – technology readiness level*). Fator que é essencial para um produto ser lançado no mercado (GOMES, 2020). A prototipagem rápida hoje é um dos pilares da Indústria 4.0, o que possibilita o uso da Impressão 3D de forma variada nos processos de produção. Com esta integração, peças antes complexas ou impossíveis de serem produzidas, são possíveis de serem criadas, com uma grande economia neste processo, manuseando os mais diversos materiais.

A robótica é uma vertente de tecnologia que traz soluções de baixo custo de forma eficiente. No mundo cada vez mais as pessoas buscam por robôs móveis em especial os autônomos que possam realizar diversas tarefas (OLIVEIRA et al., 2012). Entre as qualidades que a robótica traz é possível citar 3 principais: melhoria na qualidade do trabalho, aumento de produtividade e redução de acidentes envolvendo humanos.

A robótica tem se direcionado para diversas áreas, além dos meios de produção e da indústria. Medicina, fisioterapia, automação residencial são alguns exemplos a serem citados. Hoje podemos encontrar essa forma de tecnologia principalmente no nicho da educação. A robótica tornou-se matéria obrigatória nas grades curriculares das instituições de ensino e isso se dá porque, além de desenvolver as habilidades relacionadas à tecnologia, ela proporciona a prosperidade em outros aspectos da educação, como por exemplo a lógica (PUC GOIÁS, 2020). Denominada de robótica pedagógica ou educacional, esta por sua vez é um ambiente de aprendizagem onde professores e alunos interagem diretamente possibilitando a prática e o aprendizado que vão além da tecnologia, o planejamento tem em ênfase automação e controle de dispositivos mecânicos que podem ser controlados pelo computador.

Na prática da robótica educacional é utilizado geralmente KITS onde contém diversos componentes que ao entrarem em conjunto, formam o robô, seguindo um passo a passo para serem montados. Geralmente é utilizado um item que permite o controle de todos os componentes interligados, gerando um circuito. Um microcontrolador consiste em único circuito integrado que reúne o núcleo do processador, sendo basicamente um mini-computador capaz de realizar diversas tarefas de maneira eficaz sob um tamanho

altamente compactado (CARDOSO. 2020). A aplicação dos microcontroladores junto à robótica trouxe uma nova gama de resultados em diferentes setores, é possível associar estas tecnologias a técnicas de sensoriamento. O uso de sensores permite que um robô relacione-se com o ambiente à sua volta, o uso desta tecnologia introduz as máquinas um maior nível de inteligência (COSTA et al. 2017). Um robô inteligente realiza de forma mais eficaz as tarefas que lhe foram propostas de modo que seus mecanismos de controles são menos rígidos ao serem comparados com outras máquinas que já são pré-programadas. Todos esses pontos repercutem em necessidades de manutenção e troca de componentes, tendo influência direta no valor gasto, ou seja, é rentável e gera uma redução de gastos.

Isso faz com que a robótica e sensoriamento andem juntos com outras áreas como a medicina e a fisioterapia, utilizando de automatização de próteses para tratar pacientes com lesões de alto grau ou perda de membros, ou máquinas que realizam sessões de terapia através de moções estimulantes para reabilitação de diversos pacientes. Utilizar tais tecnologias em áreas afins torna possível um gigantesco avanço para o tratamento não só de seres humanos, mas também de outros tipos de enfermos e necessidades, como animais com deficiência, onde o animal é impossibilitado de se movimentar dependendo do grau da sua lesão.

2.1.1 Trabalho Relacionados

A utilização da prototipagem rápida está cada vez ganhando mais espaço no cenário mundial com a manufatura aditiva na vertente da Impressão 3D. Em conjunto com a robótica, a automatização e o sensoriamento, o uso destas tecnologias permitem ganhos significativos quando aplicados em processos de produção, aprendizagem e ensino ou desenvolvimento de projetos. Melhoria na qualidade do produto, redução de gastos e agilidade no processo de desenvolvimento, são alguns benefícios expostos que o uso destas tecnologias abrangem. Sendo assim, pesquisadores buscam utilizar técnicas e métodos englobados nestas tecnologias nas suas áreas de pesquisas.

Nishimura (2018) em sua dissertação de mestrado, propõe procedimentos para a construção de cadeiras de rodas para animais com deficiência motora, visto que o processo de produção destes equipamentos muitas vezes não é o adequado, pois são realizados com materiais improvisados como canos e recicláveis. Quando pronto o produto final não se adequa às necessidades do animal. As diretrizes apontadas em sua dissertação auxiliam na construção de uma cadeira de rodas de forma eficiente, utilizando da impressão 3D para tal.

Com ela é possível ter uma alta precisão na produção de peças, inviabilizando minimamente os erros em relação a tamanho e encaixes. A diferença da dissertação de Nishimura (2018) para o presente artigo, é que a atual pesquisa busca motorizar uma cadeira de rodas para pets com deficiência severa, buscando dar mobilidade ao animal através do movimento da sua cabeça. Diferentemente da dissertação de Nishimura (2018), o presente artigo ataca uma área de problemática onde a lesão do animal tem um grau maior de severidade o que impossibilita-o de movimentar-se. É possível visualizar na figura 1 o resultado final da dissertação de Nishimura (2018).

Figura 1. Cadeira de rodas de acrílico



Fonte: NISHIMURA, 2018 (p. 125)

Silva (2021) em seu trabalho de conclusão de curso, exhibe o processo de criação de uma cadeira de rodas para um animal com deficiência específica, sendo este um cachorro de pequeno porte da raça *Yorkshire*. Na produção do item ela tem como objetivo viabilizar um produto de baixo custo, que atenda as necessidades do animal. Para tal é explorado os tipos de cadeiras de rodas disponíveis atualmente no mercado, visando encontrar qual modelo se adequa melhor à carência do pet. É utilizado além da impressão 3D técnicas de modelagem, que buscam dar uma maior precisão e trazer uma alta qualidade ao produto final. É explorado também os desafios e oportunidades por trás do uso da manufatura aditiva. A diferença entre o trabalho de conclusão de curso de Silva (2021) e o presente artigo é a utilização da motorização e automação. A atual pesquisa busca motorizar uma cadeira de rodas para pets com deficiência severa, buscando dar mobilidade ao animal através do movimento da sua cabeça. Apesar de Silva (2018) projetar uma solução para uma deficiência motora, sua

pesquisa não atende a uma lesão de alto grau. Segue abaixo na figura 2 o resultado final do trabalho de conclusão de curso de Silva (2018).

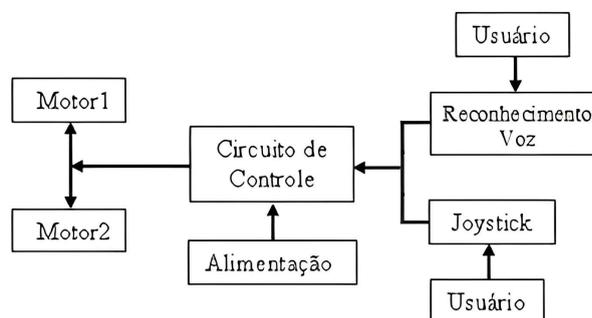
Figura 2. Cadeira de rodas impressa e montada



Fonte: OLIVEIRA, 2021 (p. 17)

Barcelos et al (2008) em seu artigo propõe um passo a passo para a motorização de uma cadeira de rodas manual. Através de um sistema eletrônico embutido. Sua pesquisa tem como objetivo desenvolver uma solução de baixo custo visando que a aquisição de tais equipamentos por portadores de deficiência física seja limitada devido ao seu alto custo. Outro fator limitante explicitado na sua pesquisa é a falta de mão de obra especializada para realizar manutenção nesses equipamentos. Sua construção é feita a partir de um circuito microprocessado com modulação PWM (*Pulse Width Modulator*), junto a um joystick que serve de interface entre homem e máquina, controlando a velocidade dos dois motores responsáveis pela movimentação da cadeira. Os princípios do artigo de Barcelos et al (2008) tem uma similaridade com o presente artigo se diferenciando em certos pontos. Primeiramente o presente artigo busca a motorização de uma cadeira de rodas para animais com deficiência motora severa, a pesquisa de Barcelos et al (2008) se afasta dessa linha buscando uma solução para seres humanos portadores de deficiência física. Outro fator divisor é a composição da cadeira de rodas. Barcelos utiliza de um sistema de motorização com circuito integrado sem o uso de sensores, o que diverge do atual artigo que utiliza um módulo MPU 6050, onde este contém sensores acelerômetro e giroscópio, que captam giro e inclinação nos eixos X, Y e Z. Tais dados servem para captar a direção do movimento da cabeça do animal, possibilitando que a cadeira atenda tal comando e movimente-se no sentido correto. Segue abaixo na figura 3 o resultado obtido no artigo de Barcelos et al (2008).

Figura 3. Diagrama de blocos do sistema de controle e motorização da cadeira



Fonte: BARCELOS et al, 2008 (p. 7)

Vasquez (2019) em seu trabalho de conclusão de curso, busca implementar um sistema de controle de movimento em uma cadeira de rodas motorizada, tal controle é feito pelo movimento da cabeça do portador de quadriplegia, comumente conhecida como paralisia. As causas deste trauma geralmente estão relacionadas a alguma lesão que atinge a medula espinhal a nível cervical, causando uma perda completa dos movimentos do tronco, braços e pernas. Na sua pesquisa Vasquez (2019) aborda esta necessidade de forma que o único membro que ainda pode ser movimentado é a cabeça do paralítico, por isso a necessidade de implementar um sistema que controle esta cadeira de rodas, viabilizando captar tais movimentos e proporcionar uma mobilidade ao indivíduo. Para tal é utilizado um sistema eletrônico que tem como base um microcontrolador Arduino UNO, um módulo controlador de motores CC SRF05 e um módulo MPU 6050 são utilizados. O MPU 6050 capta a inclinação e giro da cabeça do usuário nos três eixos X, Y e Z. Esses dados são enviados para o Arduino UNO que através de programação envia comandos para o SRF05, por sua vez este tem a responsabilidade de ativar os motores que realizam o movimento que segue a direção desejada. A pesquisa de Vasquez (2019) tem inúmeras semelhanças com o presente artigo. Tais similaridades estão presentes desde a base projetada para integrar o sistema assim como o seu viés social. A diferença é que o presente artigo busca atender animais com deficiência motora severa ao invés de seres humanos. Além disso, alguns dos equipamentos, meios de produção e tecnologias que são utilizados no presente artigo se divergem dos que foram utilizados por Vasquez (2019) na sua pesquisa. Abaixo segue na figura 4 o resultado final de Vasquez (2019) obtido em seu trabalho de conclusão de curso.

Figura 4. Cadeira de rodas motorizada



Fonte: VASQUEZ, 2019 (p. 68)

Por fim é possível visualizar analisando os trabalhos citados acima que não existe solução hoje que se adeque a necessidade estudada no presente artigo, mas que é totalmente possível desenvolver uma solução para atender animais com deficiência motora severa, pois as tecnologias nos trabalhos citados se assemelham às que foram utilizadas no presente trabalho.

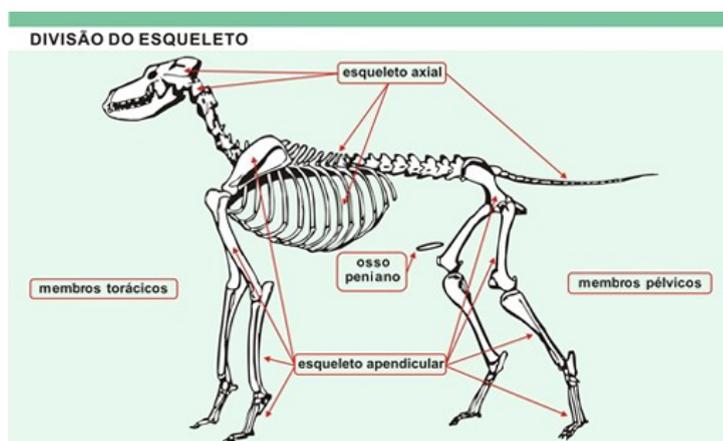
2.2. Problemas de Saúde e necessidades motoras específicas em animais

Segundo Nishimura et al (2018) a relação entre humanos e animais é forte e subsiste há anos; porém alguns desses animais acabam se tornando mais dependentes de seus tutores do que outros. Esse fenômeno ocorre devido a problemas de saúde aos quais os animais são acometidos, como doenças e lesões. Tais problemas prejudicam sua saúde, tornando-os vulneráveis, por muitas vezes impossibilitando estes animais de terem uma vida saudável.

O sistema esquelético é fundamental para que o animal possa ter uma boa qualidade de vida. Na composição desse sistema existem elementos fundamentais que concebem o seu funcionamento, entre eles estão: os ossos, as cartilagens e as articulações. Segundo Silva (2011) o tecido ósseo promove a sustentação e a estruturação ao corpo do animal, sendo

considerado uma estrutura anatômica é um órgão fisiológico. Este por sua vez é rígido e proporciona sustentação para o tórax e extremidades do corpo animal. Este tecido está propenso a fraturas de ação externa, devido ao grande estresse constante em consequência da movimentação do animal. Por essa razão pode vir a acontecer lesões de diferentes tipos e graus de severidade, que dificultam a mobilidade do animal. Outro problema recorrente são as doenças, sejam virais, bacterianas ou problemas neurológicos, tais anomalias deterioram a saúde do animal, acarretando a lesões sérias. Algumas delas como Cinomose, Mielopatia Degenerativa, Mielopatia Isquêmica, entre outras, podem causar paralisia permanente, tornando o animal incapaz de ter uma vida normal. Segue abaixo a figura 5 que apresenta o sistema esquelético de um cachorro.

Figura 5. Sistema esquelético de um cachorro



Fonte: Manual de Estrutura e Dinâmica do Cão, 2013

As fraturas são alterações traumáticas que podem impossibilitar o animal de se locomover por um certo período de tempo ou deixar sequelas que serão carregadas pelo resto da vida. De acordo com Silva (2011) as fraturas podem se dividir em diversos tipos, sendo elas: diretas, indiretas, patológicas e causadas por um constante esforço repetitivo. Sua classificação de identificação tem como objetivo formar um protocolo no qual é possível identificar qual o tipo de fratura em questão e a melhor forma de tratá-la. Outra doença que afeta animais como cães e gatos são as mielopatias. RIBEIRO (2018) cita em sua dissertação de mestrado que a vascularização da espinha dorsal de um cachorro por exemplo é extremamente parecida com a de um ser humano. As artérias são fundamentais para o bom funcionamento da medula óssea, pois tem a responsabilidade de realizar o fornecimento sanguíneo para a região da medula. Assim como os seres humanos, os animais precisam de

um bom funcionamento desses órgãos e ossos para manterem uma vida de qualidade. A mielopatia ataca justamente essa região da medula espinhal, este nome se refere a qualquer doença que afeta a medula dando origem a déficits neurológicos (RIBEIRO et al 2018).

A dificuldade motora é um sintoma da mielopatia, o animal geralmente apresenta déficits motores, onde o mesmo tem grande dificuldade ou não consegue se movimentar ao depender do grau da doença. As mielopatias são geralmente divididas em traumáticas e não traumáticas, presença ou ausência de hiperestesia espinhal e de acordo com o seu início e progressão (RIBEIRO et al., 2018). A mielopatia mais comum nos cachorros é degenerativa, essa doença já citada inicialmente, tem duas variações, a metaplasia condroide e a metaplasia fibroide. As principais diferenças entre as duas variações são as suas características e os tipos de raças que afetam. No caso da condroide o conteúdo gelatinoso que do núcleo pulposo sofre uma extrusão para o canal vertebral devido ao enfraquecimento do anel fibroso (RIBEIRO et al 2018). A condroide afeta raças de cachorros de pequeno porte, jovens e raças condrodistróficas que são cachorros do eixos do ossos longos e torcidos. A metaplasia fibroide consiste na degradação progressiva do anel fibroso do disco vertebral causando diminuição da sua espessura. Ataca cães de grande porte, com mais de 5 anos e de raça não condrodistrófica, cães que não são rebaixados e possuem grande estrutura óssea. Todos esses tipos de doenças podem ser identificadas em consultas veterinárias realizando alguns exames. Conforme Nishimura et al (2018), ultrassonografias, exames laboratoriais e radiografias são formas de identificação de doenças paralíticas em animais.

Alguns tipos de lesões podem ser tratadas com sessões de fisioterapia e medicamentos. Geralmente este tipo de lesão tem origem traumática, sendo algo temporário, o que não impossibilita o animal de ter uma boa qualidade de vida. Um animal, mesmo que perca o movimento de uma das suas patas, ou tenha o seu membro decepado ainda consegue fazer todas as suas atividades naturais, sem a necessidade de utilizar alguma prótese. Roth (2018) relata que “quadrúpedes, o termo científico para animais de quatro patas, são bem mais resilientes que os seres humanos em relação à perda de um membro. Em alguns casos, a falta de uma perna não é nada mais que um leve incômodo”.

Uma alternativa para proporcionar uma melhor qualidade de vida ao animal com problemas motores é a cadeira de rodas. Um equipamento deste sendo bem projetado, pode atender adequadamente a necessidade de locomoção do bicho, lhe prestando auxílio e

proporcionando uma melhor qualidade de vida. Outra opção são as próteses ortopédicas, estas buscam substituir um membro perdido ou realocar um osso quebrado, possibilitando que o animal recupere parte de sua formação óssea, viabilizando novamente o seu movimento.

Segundo Nishimura et al (2018)

a locomoção é o processo pelo qual o animal se move de uma posição geográfica para outra, e a marcha normal constitui o movimento para frente com eficiência, com um mínimo gasto de energia durante esta atividade, sem a presença de incômodo/dor para o animal também, sendo que qualquer desvio deste mínimo pode ser considerado um padrão anormal de marcha.

Sendo assim, uma doença paralítica torna inviável que certos animais realizem o seu processo natural de locomoção, ao depender do grau da lesão uma cadeira de rodas ou uma prótese não atende a esta necessidade específica. No mercado hoje não existe modelo de cadeira de rodas motorizada que automatize essa demanda. É necessário buscar soluções que atendam os tutores que portam animais com deficiência motora severa, estas soluções devem visar aumentar a qualidade de vida do animal e proporcionar um resguardo maior para os seus tutores.

3. Soluções existentes que auxiliam o processo de locomoção

3.1.1 Cadeiras de rodas

Hoje no mercado existem alguns modelos de cadeiras de rodas que atendem necessidades específicas. Geralmente, atendem a dificuldades de locomoção nas patas traseiras ou patas frontais. Na figura 6 é possível visualizar um animal que apresenta problemas motores nas suas patas traseiras.

Figura 6. Cadeira de rodas para patas traseiras



Fonte: PixaBay, 2022

Na figura 7 é apresentada uma cadeira de rodas que foi produzida para atender animais com deficiência motora nas patas frontais.

Figura 7. Cadeira de rodas para patas frontais



Fonte: Pineal 3D, 2022

Além destes modelos, existem outros que buscam dar maior estabilidade e equilíbrio ao animal. Contrariando as demais, este padrão possui quatro rodas e sua estrutura abarca todo o corpo físico do animal, lhe dando maior mobilidade e tração para realizar os seus movimentos. Este padrão recebe o nome de patenteada. Conforme Silva (2021): “Esses tipos de cadeiras de rodas possibilitam uma maior mobilidade para os cães por terem uma estrutura capaz de mover para frente e para trás através das rodinhas”. A figura 8 exemplifica este padrão de cadeiras de rodas.

Figura 8. Cadeiras de rodas patenteadas



Fonte: ModaPET, 2017

Mesmo atendendo a estas necessidades de animais com deficiência motora específica, estes modelos de cadeiras de rodas não atendem pets que possuem um grau severo de lesão,

sendo esses, animais que perderam todos os movimentos do seu pescoço para baixo. Estas lesões são causadas geralmente por traumatismos na coluna vertebral e medula espinhal são traumas recorrentes na medicina veterinária e humana. (MENDES e ARIAS, 2012). É necessário que novas soluções sejam disponibilizadas no mercado para atender esta demanda, animais com este tipo de deficiência precisam de uma maior atenção, assim como seus tutores que estão sempre em busca de dar uma melhor qualidade de vida ao seu pet.

3.1.2 Protéses ortopédicas

Segundo Nishimura et al (2018) a prototipagem rápida (PR) vem sendo muito utilizada na área da saúde. Mas o uso dessa tecnologia não só se aplica a seres humanos. A medicina veterinária vem utilizando técnicas de PR em diversos casos clínicos. Medicina estomatológico-dentária, Ortopedia, Neurologia, Imagiologia, Medicina interna, Cardiologia e Oncologia (NISHIMURA, et al 2018) são alguns exemplos de aplicações e estudos. Mesmo sem ser tão desenvolvida ainda no meio veterinário como é na saúde relacionada ao ser humano, a prototipagem rápida tem apresentado aos veterinários alternativas para melhorar a qualidade de vida e recuperar a saúde de diversos animais. O uso de próteses ortopédicas tem sido uma alternativa formidável quando se fala de problemas locomotores. Tutores de pets com problemas desse tipo têm optado pelo uso de próteses, buscando proporcionar aos seus animais novamente se locomover e melhorar a sua qualidade de vida.

De acordo com Garofallo (2021) existem dois tipos de próteses ortopédicas. As próteses convencionais não são fixadas dentro do osso sendo utilizadas somente externamente. Geralmente se adequa a animais que tiveram amputação total ou parcial de algum membro. Na figura 9 é possível ver um modelo de prótese convencional.

Figura 9. Prótese ortopédica convencional



Fonte: Veja, 2018

Também existe outro modelo de prótese que é o endoexoprótese possui uma parte interna que é fixada no osso do animal e uma parte externa normalmente esta parte externa é produzida por meio de impressão 3D. A parte externa é trocada de acordo com um certo período de tempo conforme o uso do animal. Na figura 10 é apresentada uma prótese do modelo endoexoprótese.

Figura 10. Prótese ortopédica convencional



Fonte: Desginboom, 2022

A utilização de próteses ortopédicas é uma alternativa interessante para a recuperação de animais com problemas locomotores principalmente em casos de perda de membros, em muitas ocorrências se mostrando eficaz. Mas em situações onde o animal sofre traumatismo seguido de paralisia de membros ou seja perde o movimento das suas pernas, as próteses não se mostram uma escolha viável, fazendo com que os tutores busquem por novas soluções para animais com este tipo de deficiência. A tabela 1 faz um comparativo das soluções que estão disponíveis hoje no mercado com a proposta de auxiliar animais que possuem deficiência motora, levando em consideração o problema, custo, material, necessidade de uso e grau de comprometimento.

Tabela 1. Comparação das soluções disponíveis

Solução	Problema	Custo	Material	Uso contínuo	Grau de comprometimento com o animal
Cadeira de	Perda do	Entre R\$	Alumínio,	Sim	Patas

rodas para lesão nas patas frontais	movimento parcial ou amputação de membros frontais	200,00 e R\$ 400,00	Aço, Plástico, PVC		frontais
Cadeira de rodas para lesão nas patas traseiras	Perda do movimento parcial ou amputação de membros traseiros	Entre R\$ 200,00 e R\$ 400,00	Alumínio, Aço, Plástico, PVC	Sim	Patras traseiras
Cadeira de rodas patenteada	Perda do movimento parcial ou amputação de membros frontais ou traseiros	Entre R\$ 200,00 e R\$ 500,00	Alumínio, Aço, Plástico, PVC	Sim	Ambas as patas
Prótese ortopédica convencional	Amputação dos membros	Entre R\$ 100 e R\$ 300	Plástico, Aço	Sim	Ambas as patas
Prótese ortopédica endoexoprótese	Amputação dos membros	Entre R\$ 200 e R\$ 400	Plástico, Aço	Sim	Ambas patas

4. PAWS (Pet Accessible Wheels through 3D Printing)

O PAWS é uma solução que tem como objetivo atender animais que possuem deficiência motora severa, precisamente animais que sofreram traumatismos, lesões na coluna vertebral e consequentemente tiveram perda total ou parcial de movimento das pernas e patas.

A ideia foi motorizar uma estrutura de rodas para pets, esta que por sua vez foi produzida por meio da manufatura aditiva, no viés da impressão 3D. Sua motorização utilizou sensores que captam rotação e inclinação possibilitando ao animal controlar o movimento da cadeira através do deslocamento da sua cabeça. O microcontrolador base desse sistema capta esses comandos e aciona os motores que se locomovem nas determinadas direções cabeça do pet. Com isso, o animal que antes estava impossibilitado de se locomover e ter uma vida possivelmente saudável por conta da sua deficiência, pode ter um auxílio e uma melhora na sua qualidade de vida.

A motivação do presente artigo se deu pela identificação de casos de cães que possuem problemas locomotores severos e não conseguem se movimentar. Os modelos tradicionais de cadeiras de rodas não conseguem auxiliar estes animais e não se adequam aos certos níveis de comprometimento que existem, mostrando-se necessária uma nova solução, coisa que não se tem no mercado atual. Ao conversar com tutores e veterinários identificou-se a oportunidade de execução da pesquisa e do desenvolvimento do PAWS, uma tecnologia assistiva voltada para a saúde animal visando melhorar a qualidade de vida de pets que possuem esses tipos de deficiência.

4.1.1 Processo de motorização e sensoriamento

Para atender a necessidade do animal, mostrou-se necessário motorizar a cadeira de rodas como citado anteriormente. O processo de motorização e sensoriamento foi dividido em duas etapas. Primeiramente buscou-se criar um protótipo utilizando um robô 4WD, este modelo possui 4 motores DC de 5V em conjunto a um placa Arduino do tipo UNO, esses dois itens estão agrupados a um Kit com diversos outros componentes de robótica e eletrônica. A ideia foi integrar o carro já ao sensor MPU6050 e de forma contínua realizar toda a montagem e testes. O propósito foi desenvolver como seria todo o circuito elétrico, conexões e código fonte da placa para posteriormente iniciar a fase de migração para a cadeira de rodas já impressa. Além disso, foi necessário um estudo destas tecnologias e quais seriam as melhores

formas de utilizá-las. A figura 11 mostra um modelo kit robô 4WD, sendo o mesmo utilizado no presente artigo.

Figura 11. Kit robô 4WD



Fonte: Mercado livre, 2021

Figura 12. Robô 4WD versão 1

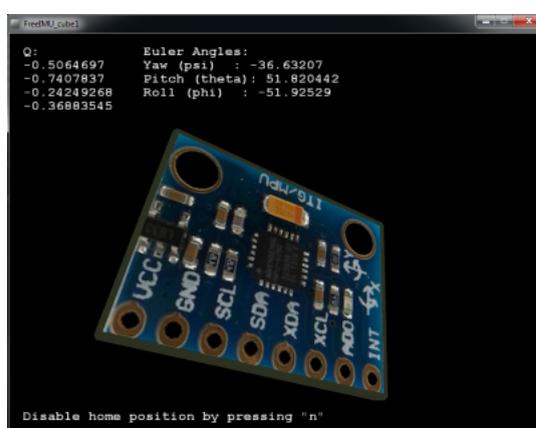


Fonte: do Autor, 2021

Neste primeiro modelo como apresenta a figura 12 o robô foi programado para apenas seguir uma rotina, onde ele iria movimentar-se nas 4 direções, esquerda, direita, para frente e para trás. O objetivo foi esboçar um projeto de código com as possíveis funções que posteriormente o protótipo faria, testando também os motores, conexões e o microcontrolador. O passo seguinte foi integrar o módulo MPU 6050 ao robô, para tal foi necessário um estudo do funcionamento do módulo e uma forma de captar os dados do eixos e aplicá-los para

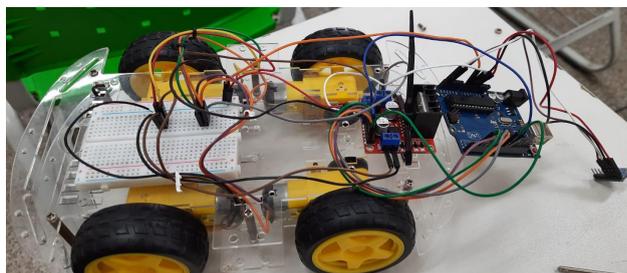
controlar em qual direção o robô deve se movimentar. Para a captação dos dados dos eixos foram utilizados alguns testes de software. O Processing foi um dos softwares utilizados, ele é um software gratuito que permite virtualizar um objeto para efetuar a leitura do sensor conectado ao Arduino e apresentar esses dados de forma gráfica em uma janela na tela do computador. Uma prática e funcionalidade que teve um excelente contribuição para se ter uma noção de como estava a calibração do sensor e a eficiência do código. A figura 13 apresenta os testes utilizando a interface gráfica do Processing.

Figura 13. Interface do Processing



Fonte: do Autor, 2022.

O módulo 6050 contém os sensores físicos acelerômetro e giroscópio, com ele é possível captar valores de inclinação e giro. Geralmente é possível encontrar esses sensores em celulares para captar rotação do aparelho por parte do usuário, fazendo com que a tela rotacione na mesma direção. Para realizar essa integração mostrou-se necessário controlar os 4 motores simultaneamente de uma forma que existisse uma boa alimentação com uma eficiência. Após alguns estudos ficou decidido a utilização do módulo controlador de motores L298N. Conhecido como ponte H, este *hardware* permite controlar até 4 motores, alimentação e a velocidade de rotação com a tecnologia PWM (*Pulse Width Modulation*).

Figura 14. Robô 4WD versão 2

Fonte: do Autor, 2022

O código fonte foi ajustado para fazer com que todos os componentes pudessem interagir entre si de forma eficiente, viabilizando ao robô atender aos comandos enviados pelo MPU 6050, movendo-se nas direções corretas. É possível ver a versão 2 do robô apresentado na figura 14. Finalizando essa primeira etapa, deu-se início a segunda etapa que seria migrar o robô para a cadeira de rodas. Com os dados adquiridos durante a primeira fase, esse segundo momento não foi tão complexo, já que o robô já estava funcional. O principal ponto foi melhorar o código e a precisão com que os dados eram captados pelo sensor para ativar os motores. Além disso, foram realizados inúmeros testes buscando saber se haveria necessidade de troca de motores e qual o melhor tipo de alimentação para o circuito. Após a finalização dessas duas etapas o protótipo inicial da cadeira de rodas motorizada ficou da seguinte forma, apresentado na figura 15:

Figura 15. Cadeira de rodas motorizada

Fonte: do Autor, 2022

4.1.2 Adaptação e o processo de impressão

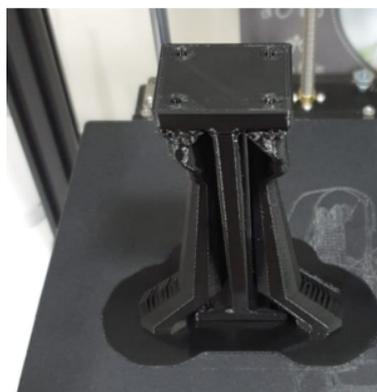
A cadeira de rodas utilizada no presente artigo já estava pronta, oriunda de um projeto anterior. A atual pesquisa é essa a segunda etapa deste projeto. Na primeira foi desenvolvida uma cadeira de rodas que atende cachorros de pequeno porte, através dos seguintes passos: inicialmente realizou-se a modelagem do protótipo, a escolha do filamento e efetuado a impressão. A base da cadeira de rodas, sendo essa o apoio onde fica o animal, teve uma duração em média de 20 horas. Também foi realizada a impressão da peça de sustentação que durou aproximadamente 47 minutos, após isso aconteceu a montagem da cadeira. Foram utilizadas para adaptação rodinhas para bicicleta, chapas de alumínio e uma barra de ferro roscada para conectar as rodas com as peças impressas. Abaixo é possível observar as imagens 16, 17 e 18 de todo o processo desde o seu início até o seu fim.

Figura 16. Impressão da base de sustentação



Fonte: OLIVEIRA, 2021 (p. 17 a 18)

Figura 17. Impressão do suporte



Fonte: OLIVEIRA, 2021 (p. 18).

Figura 18. Versão montada da cadeira de rodas



Fonte: OLIVEIRA, 2021 (p. 18).

Analisando de forma cautelosa notou-se que a base que o comporta ficou muito pequena não se adequando aos graus de comprometimento acessibilidade identificados inicialmente na conversa com os tutores e veterinários, tornando-se necessário realizar um ajuste na modelagem e uma nova impressão. As novas dimensões da peça tiveram os seguintes valores: 17 cm de largura, 22 cm de comprimento e 7 cm de altura. A impressão desta peça utilizou 333 g de filamento. A nova versão da cadeira também teve uma melhora, com a troca das rodinhas de bicicletas por rodinhas de silicone, proporcionando maior suavidade na movimentação. Como apresentado na figura 19 e 20 abaixo.

Figura 19. Cadeira de rodas segunda versão



Fonte: OLIVEIRA, 2021 (p. 19).

Figura 20. Cadeira de rodas sendo testada no cachorro



Fonte: OLIVEIRA, 2021 (p. 18)

Mesmo com os ajustes realizados e a produção do novo modelo a cadeira ainda não se adequou ao grau de comprometimento. As duas rodas poderiam não ser o suficiente para atender animais com lesões mais graves. A estratégia adotada foi inserir no protótipo mais duas rodas de silicone com as chapas de alumínio totalizando 4 rodas. Para casos desse tipo, uma estrutura de 4 rodas tem potencial de oferecer um apoio e uma tração maior. Observou-se que em casos de extrema severidade da lesão como uma paralisia total o animal pode não possuir força suficiente nas patas para realizar o movimento. Casos assim podem decorrer de lesões sofridas na região da coluna vertebral fazendo com que o animal perda de forma parcial ou total os seus movimentos. Após isso é iniciado a etapa de pesquisa do presente artigo, visando produzir uma cadeira de rodas que atende a casos desse tipo, possibilitando uma forma de auxílio na locomoção, através da motorização, sensoriamento e robótica.

5. Metodologia

O presente artigo tem embasamento em uma pesquisa qualitativa e de caráter exploratório com prototipagem. O objetivo foi motorizar uma cadeira de rodas, produzida via impressão 3D para atender animais com deficiência motora severa, possibilitando que o animal locomova-se mediante ao movimento da sua cabeça.

Assim, podemos resumir a metodologia a ser adotada para a execução do projeto de acordo com as etapas abaixo:

- Estabelecer claramente os objetivos e as especificações do projeto de acordo com as necessidades dos animais, considerando variáveis como peso, tamanho, anatomia e grau de limitação de mobilidade.
- Projetar as cadeiras de rodas e órteses, levando em consideração as especificações estabelecidas na etapa de definição anterior.
- Fabricação dos protótipos das cadeiras de rodas e órteses para testes e avaliação.
- Realizar testes com animais para avaliar a funcionalidade e a segurança das cadeiras de rodas e órteses.
- Integrar sensoriamento para estender as funcionalidades dos produtos desenvolvidos como, por exemplo, sensores de movimento da cabeça do animal para auxiliar na motorização de cadeiras de forma integrada a um software.
- Produção em massa: produzir as cadeiras de rodas e órteses em grande escala e entregá-las aos clientes.

Segue abaixo uma tabela 2 com todos os componentes utilizados no processo de motorização da cadeira de rodas.

Tabela 2. Componentes utilizados na motorização.

Componentes utilizados na motorização e sensoriamento	Preço
Arduino UNO	R\$ 55,00
MPU6050	R\$ 19,00
L298N.	R\$ 17,00
Pilhas	R\$ 11,30
Motores DC 5V	R\$ 60,00
Parafusos 3mm.	R\$ 12,00
Cap de PVC	R\$ 6,00

Fonte: do Autor, 2022

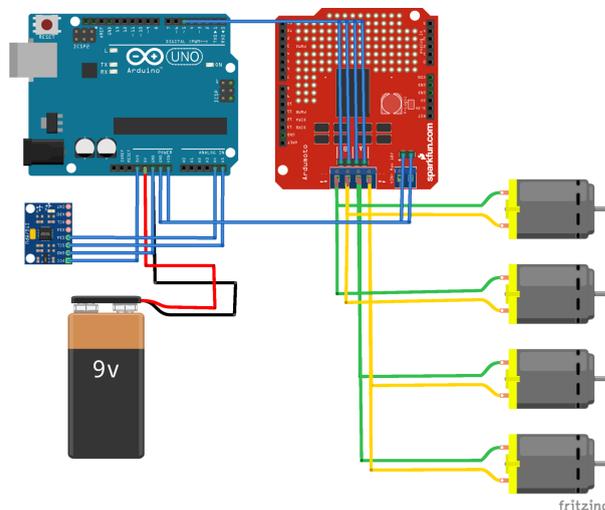
Especificando de forma mais detalhada o processo de montagem, este foi projetado e realizado da seguinte forma:

1. Perfuração das chapas e acoplamento dos motores. Nesta primeira etapa foram perfuradas as chapas de alumínio com a parafusadeira para acoplar os motores DC. Para sustentação dos motores foram utilizados 8 parafusos 3mm, dois em cada motor e 8 porcas quadradas.
2. Realização das soldas dos motores. O circuito foi pensado para que o módulo L298N comandasse quatro motores como se fossem dois. Então houve uma junção entre os dois motores, ligando os seus pólos para funcionar em série. Depois conectando os motores ao L298N.
3. Integração dos componentes ao Arduino. Nesta última etapa de montagem houve a integração de todos os componentes ao microcontrolador. Aqui foi realizado as conexões em todas as respectivas portas fechando o circuito.

Ao final da montagem, foram realizados testes para melhorar a precisão de captação por parte do sensor, além de testes voltados para o motor como alimentação, força e velocidade, visando encontrar as melhores configurações para o protótipo.

6. Resultados e Discussão

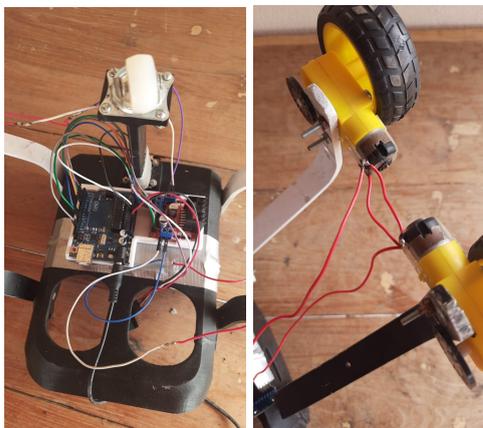
O protótipo da cadeira de rodas obtido durante o presente artigo pode ser visualizado nas figuras abaixo. Para chegar a este resultado, foi-se necessário passar por algumas etapas onde foram avaliadas algumas necessidades de mudanças, superando as dificuldades encontradas. Inicialmente o projeto foi construído através de um robô 4WD, com intuito de posteriormente transferir a estrutura que estava no robô para a cadeira. O carro contém o sensor integrado e sua alimentação era feita através de uma fonte 12W. Para iniciar essa migração criou-se uma estrutura de circuito representando todas as conexões e comunicação entre os componentes. Abaixo segue a figura 21, imagem que apresenta circuito que foi obtido ao longo do processo de prototipagem da cadeira de rodas.

Figura 21. Circuito eletrônico da cadeira de rodas

Fonte: do Autor, 2022

Ao longo do processo de montagem do circuito foi identificadas necessidades de adaptação, neste primeiro momento. Inicialmente ficou decidido a utilização de um arduino NANO, devido ao seu tamanho reduzido, mas foram encontrados problemas na utilização deste modelo de microcontrolador e logo houve a necessidade de migrar para o Arduino UNO que é o modelo mais comum em diversos projetos de robótica, IoT e afins. Mas ao fim o resultado do circuito foi satisfatório, com um bom funcionamento e uma boa comunicação entre todos os componentes que compõem este circuito. Após isso montou-se uma primeira versão da cadeiras de rodas que ao invés de ser alimentada por a bateria ela ficou sendo alimentada por 4 pilhas recarregáveis de 1,5V, infelizmente o resultado não foi satisfatório, as pilhas não conseguiam alimentar muito bem o circuito, tendo alguns problemas de mal contato e sem força suficiente para os motores. Além disso, as conexões que conectam motores a circuitos necessitam de pequenos ajustes para uma melhor precisão ao ativar os comandos que movimentam a cadeira de rodas. A seguir pode-se visualizar nas figuras 22 a estrutura funcional do protótipo e suas conexões.

Figura 22. Estrutura do circuito montada na base e solda dos motores



Fonte: do Autor, 2022

Após realizar os ajustes necessários novamente o protótipo foi migrado para ser alimentado através de uma fonte de 12V devido a circunstâncias. Finalmente o protótipo final foi finalizado. Esta versão final a cadeira conta com 4 motores DC para movimentação, um sensor MPU 6050 para realizar a captação do movimento, um módulo controlador de motores L298N todos integrados a um arduino UNO, sendo alimentado por uma fonte de 12V. Segue a figura 23 do protótipo final da cadeira de rodas.

Figura 23. Versão final da cadeira de rodas



Fonte: do Autor, 2022

7. Considerações finais

Este trabalho apresentou como resultado uma solução inovadora através do uso da manufatura aditiva na vertente da impressão 3D com técnicas de robótica e sensoriamento. O uso de tais tecnologias demonstra de forma prática o poder da indústria 4.0 e como é possível construir objetos customizados e personalizados para cada necessidade impactando de forma positiva a sociedade.

Ao utilizar estas tecnologias foi possível criar um protótipo de cadeira de rodas motorizada proporcionando mobilidade e aumento na sua qualidade de vida de animais que não possuem a capacidade de utilizar cadeiras de rodas sem a adição de motores e sensoriamento. Assim, criou-se uma solução que ainda não existe no mercado com grande capacidade de customização devido ao uso da impressão 3D.

Em trabalhos futuros pretende-se realizar testes em animais, fazendo os ajustes necessários, como aprimoramento da precisão do sensor, criação de um capacete adaptável e sob medida para o animal. Além disso, pretende-se criar uma nova versão do circuito para adequar a alimentação via fonte e caso necessário o uso de novos motores de maior potência para se adequar a animais de maior porte. Por fim, há ainda o planejamento de integrar sensores para desviar de objetos como o sensor ultrassônico. Para tal, se mostra necessário realizar alguns testes, como de força, tração e velocidade.

Referências

- CARDOSO, Matheus. **O que é um microcontrolador?**. Campina Grande, 23 de setembro de 2020. Disponível em: <https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador/>. Acesso em: 05 de outubro de 2022.
- DA SILVA JUNIOR, Adecir Cardoso et al. **Utilização de prótese ortopédica em bezerro. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3357-3368, 2020. Acesso em: 10 de outubro de 2022.
- DESIGN BOOM. **Nir Shalom: Amigo Dog Wheelchair. 2011**. Disponível em: <https://www.designboom.com/design/nir-shalom-amigo-dog-wheelchair/>. Acesso em: 01 novembro de 2022.

- DE OLIVEIRA, Bruno Queres et al. Tipos e aplicações de sensores na robótica. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, n. 1, p. 223-223, 2017. Acesso em: 12 de novembro de 2022.
- SILVA, Sayonara Alves et al. **Estudo retrospectivo da casuística de fraturas de Tíbia em cães e gatos no Hospital Veterinário da UFCG/Campus de Patos** (Período de estudo: 2002 a 2010). 2011. Acesso em: 17 de novembro de 2022.
- BARCELOS, ARLEI et al. **Sistema de controle e motorização de cadeira de rodas**. 2008.
- GAROFALLO, Felipe. **Próteses para animais amputados**. **Ortho for Pets, São Paulo, 27 de setembro de 2021**. Disponível em: [Próteses para animais amputados \(vetgarofallo.com\)](http://vetgarofallo.com). Acesso em: 10 de dezembro de 2022.
- GOMES, João Francisco Bueno; WILTGEN, Filipe. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas. **Revista Tecnologia**, v. 41, n. 1, 2020. Acesso em: 14 de dezembro de 2022.
- GÓMEZ, Brayán Camilo Betancourth et al. Diseño de un sistema de control de una silla de ruedas para personas con cuadriplejia. **Entrelazando formación, experiencias, escena-rios y procesos vivenciales de investigación e innovación**, p. 108, 2021. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.
- MOTORS, General. **A GM aposta em peças impressas em 3D para produzir auto peças**. Disponível em: <https://forbes.com.br/negocios/2018/05/gm-aposta-em-impresao-3d-para-produzir-autopecas/> Acesso em: 16 de dezembro de 2022.
- NISHIMURA, Paula Lumi Goulart. **Diretrizes para o design de dispositivo para animais com problemas de locomoção com uso da prototipagem rápida**. 2018. Acesso em: 04 de janeiro de 2023.
- PINEAL3D. **Cadeiras de Roda Frontal. 2022**. Disponível em: <https://loja.pineal3d.com.br/produto/cadeira-de-rodas-frontal/>. Acesso em: 07 de janeiro de 2023.
- ROTH, Annie. **Uma pata a menos? Sem problemas. Animais com membros amputados podem viver bem**. 2018. Disponível: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2018/10/uma-pata-a-menos-sem-proble>

[mas-animais-com-membros-amputados-podem-viver-bem#:~:text=Acontece%20que%20quadr%C3%PAredes%2C%20o%20termo,mais%20que%20um%20leve%20inc%C3%B4 Modo](#). Acesso em: 12 de janeiro de 2023.

SILVA, Viviane de Oliveira da. **Processo de criação de cadeira de rodas para animais com deficiência: o uso da tecnologia de impressão 3D, seus desafios e oportunidades**. 2021. Acesso em: 15 de janeiro de 2023.

WISHBOX. O que é manufatura aditiva?. Balneário Camboriú. 2016. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/o-que-e-manufatura-aditiva/>. Acesso em: 20 de janeiro de 2023.

WISHBOX. **Conheça Chuck Hull criador da impressora 3D**. Balneário Camboriú. 2016. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/chuck-hull/>. Acesso em: 27 de janeiro de 2023.