



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Centro de Tecnologia - CT

Curso de Engenharia Mecatrônica

Projeto e implementação do sistema mecânico e do acionamento eletrônico de potência de um Andador Robótico Inteligente

Alberto Tavares de Oliveira

Natal

2022

Alberto Tavares de Oliveira

**Projeto e implementação do sistema mecânico e do
acionamento eletrônico de potência de um Andador
Robótico Inteligente**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Mecatrônica da Uni-
versidade Federal do Rio Grande do Norte
como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Engenheiro Mecatrônico, orientado
pelo Prof. Pablo Javier Alsina e coorientado
pelo Prof. Márcio Valério de Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Centro de Tecnologia (CT)

Curso de Engenharia Mecatrônica

Orientador: Pablo Javier Alsina

Coorientador: Márcio Valério de Araújo

Natal

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Oliveira, Alberto Tavares de.

Projeto e implementação do sistema mecânico e do acionamento eletrônico de potência de um andador robótico inteligente / Alberto Tavares de Oliveira. - 2022.

74 f.: il.

Monografia (graduação) - Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecatrônica, Natal, RN, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Javier Alsina.

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Valério de Araújo.

1. Robótica - Monografia. 2. Dificuldades de locomoção - Monografia. 3. Andador inteligente - Monografia. 4. Sistema mecânico - Monografia. 5. Sistema microcontrolado - Monografia.
I. Alsina, Pablo Javier. II. Araújo, Márcio Valério de. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 007.52

Alberto Tavares de Oliveira

**Projeto e implementação do sistema mecânico e do
acionamento eletrônico de potência de um Andador
Robótico Inteligente**

Pablo Javier Alsina
Orientador

Márcio Valério de Araújo
Coorientador

Marcelo Borges Nogueira
Avaliador interno

Natal
2022

Agradecimentos

Ao meu professor orientador Pablo Javier Alsina, e ao meu professor coorientador Márcio Valério de Araújo, por todo o conhecimento, paciência e dedicação ao longo do curso e deste projeto.

Ao meu companheiro de TCC Rodrigo Rodrigues Bezerra, por estar ao meu lado durante todas as etapas do projeto.

À minha família por estar junta comigo dando apoio direta ou indiretamente.

À minha namorada Vitória Ângelo Freitas Fernandes por todo o apoio emocional.

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.
(Martin Luther King)

Resumo

Muitas vezes, pessoas com dificuldades de locomoção fazem uso de equipamentos para auxiliar em seu movimento e deslocamento físico. Tais equipamentos podem ser desde os mais comuns, como bengalas e cadeiras de rodas, até os mais elaborados, como andadores motorizados e os chamados smart walkers. Tendo em vista tais equipamentos e dada as dificuldades enfrentadas por pessoas com tais dificuldades de locomoção, neste Trabalho de Conclusão de Curso foi feito a construção do sistema mecânico de um andador inteligente. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do projeto mecânico e construção física de um andador inteligente usado para auxiliar pessoas com dificuldades de locomoção. O projeto envolve a criação de um modelo virtual em 3D, fabricação e usinagem de peças, montagem, desenvolvimento do sistema de potência microcontrolado e testes preliminares do funcionamento básico do equipamento.

Palavras-chave: dificuldades de locomoção; andador inteligente; sistema mecânico; sistema microcontrolado.

Abstract

Often, people with walking difficulties make use of equipment to assist in their movement and physical displacement. Such equipment can range from the most common, such as canes and wheelchairs, to the most elaborate, such as powered walkers and the so-called smart walkers. In view of such equipment and given the difficulties faced by people with such mobility difficulties, in this Course Completion Work, the construction of the mechanical system of an intelligent walker was carried out. This work aims to develop the mechanical design and physical construction of an intelligent walker used to help people with walking difficulties. The project involves the creation of a virtual 3D model, manufacturing and machining of parts, assembly, development of the microcontrolled power system and preliminary tests of the basic functioning of the equipment.

Keywords: walking difficulties; smart walker; mechanical system; microcontrolled system.

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Motivação	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Visão geral dos capítulos seguintes	12
2	Fundamentação teórica	13
2.1	Revisão Bibliográfica	13
2.1.1	Torneamento	13
2.1.2	Fresamento	14
2.1.3	Furação	14
2.1.4	Serramento	14
2.1.5	Manufatura Aditiva	15
2.2	Requisitos básicos do Andador Robótico Projetado	15
2.3	Especificações básicas	16
2.3.1	Motoredutor	16
2.3.2	Bateria de alimentação dos motoredutores	16
2.3.3	Driver para acionamento de potência	16
2.3.4	Microcontroladores	17
2.3.5	Câmera	18
3	Desenvolvimento	19
3.1	Sistemas Mecânicos do Andador Robótico Projetado	20
3.2	Peças manufaturadas	21
3.2.1	Acoplamentos dos Rodízios Giratórios	21
3.2.2	Acoplamentos dos Eixos	24
3.2.3	Eixos das Rodas	25
3.2.4	Cilindros de Reforço da Estrutura dos Mancais	26
3.2.5	Cantoneira Longa	27
3.2.6	Cantoneiras Curtas	29
3.2.7	Cantoneiras de Suporte das Baterias de 12 V	31
3.3	Peças semi-manufaturadas	33
3.3.1	Estrutura do andador simples	33
3.3.2	Barras rosadas de 5/16'	33
3.3.3	Rodas dianteiras	33
3.4	Peças de manufatura aditiva	34

3.4.1	Sistema de rotação da câmera (kinect)	34
3.4.1.1	Suporte do kinect	35
3.4.1.2	Eixo do Suporte do kinect	35
3.4.1.3	Base do Suporte do kinect	36
3.4.2	Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico	36
3.4.2.1	Suporte do Sensor Ultrassônico	37
3.4.2.2	Base do Suporte do Sensor Ultrassônico	37
3.4.2.3	Trava do Suporte do Sensor Ultrassônico	37
3.4.3	Base de Suporte do Arduino	38
3.4.4	Base de Suporte da Beaglebone	39
3.4.5	Trava da Base de Suporte da Beaglebone	39
3.5	Peças prontas de fábrica	42
3.5.1	Componetes elétricos	43
3.5.2	Peças de fixação	43
4	Resultados	46
4.1	Sistemas do Andador Inteligente finalizados	46
4.1.1	Sistema Motor-Roda finalizado	46
4.1.2	Sistema Estrutural dos Mancais finalizado	47
4.1.3	Sistema de Rotação da Câmera finalizado	47
4.1.4	Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico finalizado	48
4.2	Montagem obtida do protótipo do Andador Robótico Inteligente	49
5	Conclusões	50
5.1	Conclusões Gerais	50
5.2	Trabalhos Futuros	50
	Referências	51
	APÊNDICE A – Acoplamento do rodízio giratório	52
	APÊNDICE B – Acoplamento dos eixos	53
	APÊNDICE C – Eixo das rodas	54
	APÊNDICE D – Cilíndro de reforço	55
	APÊNDICE E – Cantoneira longa	56
	APÊNDICE F – Cantoneira curta	57
	APÊNDICE G – Cantoneira de suporte das baterias de 12V	58
	APÊNDICE H – Base do Suporte do Kinect	59
	APÊNDICE I – Suporte do Kinect	60

APÊNDICE J – Eixo do Suporte do Kinect	61
APÊNDICE K – Suporte do Sensor Ultrassônico	62
APÊNDICE L – Base do Suporte do Sensor Ultrassônico	63
APÊNDICE M – Trava do Suporte do Sensor Ultrassônico	64
APÊNDICE N – Base de Suporte do Arduino	65
APÊNDICE O – Base de Suporte da Beaglebone	66
APÊNDICE P – Trava da Base de Suporte da Beaglebone	67
APÊNDICE Q – Vista explodida do Andador Inteligente	68
APÊNDICE R – Vista explodida do Sistema Estrutural dos Mancais	69
APÊNDICE S – Vista explodida do Sistema Motor-Roda	70
APÊNDICE T – Vista explodida do Sistema de Rotação da Câmera	71
APÊNDICE U – Vista explodida do Sistema de Trava do sensor Ultrassônico	72
ANEXO A – Desenho técnico do motorredutor 12 V	74

1 Introdução

1.1 Motivação

Em situações onde pessoas com problemas de mobilidade precisam se deslocar de um lugar para outro, muitas vezes faz-se uso de dispositivos de assistência, que podem ser dos mais simples como bengalas ou cadeiras de rodas, até os mais elaborados e complexos como andadores motorizados. O uso de tais dispositivos por pessoas com mobilidade reduzida é um assunto que tem ganhado projeção dentro do meio científico e na própria sociedade de forma geral.

Existem diversos fatores que podem provocar mobilidade reduzida, como doenças de origem genética, congênitas, além de agentes parasitários, como vírus e bactérias. Exemplos de doenças e fatores que levam a tal condição são a poliomielite e o acidente vascular cerebral (AVC), [Valadão et al. \(2014\)](#).

O envelhecimento da população mundial é um fato incontestável. É praticamente consenso, também, que o ritmo deste processo nas próximas décadas será particularmente acelerado em países que, como o Brasil, se encontram em vias de desenvolvimento, [Saad \(2016\)](#).

O envelhecimento da população, naturalmente, também é um fator que agrava as condições de mobilidade. O percentual de pessoas idosas vem aumentando nos últimos anos. Segundo o IBGE, dados da evolução dos grupos etários no Brasil mostram um percentual de 10,49% para os idosos (65 anos ou mais) no ano de 2022 em relação aos demais grupos. Projeções mostram um aumento do percentual de idosos para as próximas décadas, podendo chegar até 25,49%, [IBGE \(2022\)](#).

Para auxiliar pessoas com tais dificuldades de mobilidade, também existem dispositivos assistivos como os andadores robóticos inteligentes (Smart Walkers), com a capacidade de realizar aquisições visuais do ambiente, processamento de imagens e desvios de obstáculos.

Tendo tais dispositivos em mente, este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento do projeto mecânico e acionamento elétrico de um andador robótico inteligente com o intuito de auxiliar pessoas com dificuldades ou problemas de mobilidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento do projeto mecânico e construção física de um andador robótico inteligente usado para auxiliar pessoas com dificuldades de locomoção.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma estrutura que permita o apoio físico do usuário.
- Desenvolver um sistema de tração que permita o deslocamento físico do andador no ambiente de forma automatizada.
- Realizar a montagem do sistema de acionamento de potência.
- Desenvolver uma estrutura que permita regulagem de altura.
- Desenvolver um sistema capaz de rotacionar uma câmera em relação à estrutura.
- Desenvolver um sistema capaz de fixar um sensor de distância na estrutura.
- Realizar testes do funcionamento básico da andador robótico obtido.

1.3 Visão geral dos capítulos seguintes

O Capítulo 2 aborda a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento deste trabalho. A aplicação de técnicas e processos para a fabricação das peças do andador desenvolvido neste trabalho é abordada no Capítulo 3. Os resultados obtidos das montagens dos sistemas do andador, são abordados no Capítulo 4.

Por fim, é feita a conclusão deste trabalho no Capítulo 5.

2 Fundamentação teórica

2.1 Revisão Bibliográfica

Em Medeiros (2014), é denominado tecnologia assistiva a todo e qualquer produto, serviço ou equipamento que tem por objetivo melhorar a qualidade de vida de indivíduos com limitações funcionais, sejam elas físicas, sensoriais ou psicológicas.

Demais gráficos e dados a respeito do envelhecimento populacional no Brasil e no mundo também podem ser vistos no trabalho de Kalache, Veras e Ramos (1987).

Grande parte deste projeto foi desenvolvido tendo como base o trabalho de ROCHA-JR. (2021). Este trabalho foi desenvolvido conjuntamente com o trabalho de Bezerra (2022).

Grande parte do desenvolvimento do projeto mecânico deste trabalho foi feito com base nos conceitos dos processos de fabricação explicados em Groover (2016).

Trabalho similar envolvendo a adaptação de andadores convencionais para assistência e reabilitação pode ser visto em Valadão et al. (2014).

Segundo Groover (2016), o ramo mais importante dos processos de remoção de material é a usinagem convencional. Nesses processos, a geometria final desejada é obtida pela remoção do excesso de material de uma peça inicial.

Destes tipos de processo de fabricação, os mais significativamente usados neste projeto foram o Torneamento, Fresamento, Furação e Serramento. Também foi usado o processo de manufatura aditiva, que será falado mais adiante.

2.1.1 Torneamento

No torneamento, uma ferramenta de corte com uma única aresta de corte é utilizada para remover material de uma peça rotativa para gerar forma de seção transversal circular. O movimento que produz a velocidade de corte, no torneamento, é fornecido pela rotação da peça, e o movimento de avanço é obtido pela ferramenta de corte movendo-se de maneira lenta em direção paralela ao eixo de rotação da peça (GROOVER, 2016).

Algumas operações relacionadas ao torneamento, que foram utilizadas neste trabalho, são listadas a seguir, de acordo com (GROOVER, 2016).

- **Faceamento:** A ferramenta avança na direção radial, sobre a face oposta ao cabeçote móvel da peça em rotação, para criar uma superfície plana.

- **Chanframento:** A aresta de corte da ferramenta é utilizada para produzir um ângulo na borda do cilindro, criando um "chanfro".
- **Sangramento:** De forma similar ao faceamento, a ferramenta avança radialmente na peça em rotação. A ferramenta realiza um rebaixamento progressivo em uma seção da peça, em um ponto ao longo do comprimento. Neste projeto, esta operação foi usada apenas para fazer um rebaixamento na peça.
- **Furação:** A furação pode ser realizada em um torno, avançando a broca contra a peça que gira em torno do seu eixo.

2.1.2 Fresamento

No fresamento, uma ferramenta rotativa com múltiplas arestas de corte avança lentamente através do material para gerar um plano ou superfície reta. A direção do movimento de avanço é perpendicular ao eixo de rotação da ferramenta ([GROOVER, 2016](#)).

2.1.3 Furação

A furação é usada para produzir um furo com seção circular. É realizada por uma ferramenta rotativa que tipicamente possui duas arestas de corte. A ferramenta é introduzida na peça em direção paralela ao seu eixo de rotação para dar forma ao furo cilíndrico ([GROOVER, 2016](#)).

Algumas operações relacionadas à furação, que foram utilizadas neste trabalho, são listadas a seguir, de acordo com ([GROOVER, 2016](#)).

- **Alargamento:** Usado para aumentar levemente o diâmetro do furo e fornecer uma tolerância mais apertada, bem como melhorar o acabamento da superfície. A ferramenta é chamada **alargador** e apresenta geralmente arestas retas, sem ângulo de hélice.
- **Rosqueamento com macho:** Esta operação é realizada com uma ferramenta chamada **macho**, utilizada para usinar roscas internas em um furo.
- **Furação de centro:** A operação realiza um furo inicial para dar maior precisão da localização da furação subsequente, ou seja, realizar uma centragem para o próximo furo. A ferramenta é chamada **broca de centro**.

2.1.4 Serramento

Serrar é um processo em que uma fenda estreita é retirada de uma peça por uma ferramenta composta de uma série de dentes com espaçamentos estreitos. O serramento

é normalmente usado para separar uma peça em duas partes, ou para cortar uma parte indesejada da peça ([GROOVER, 2016](#)).

2.1.5 Manufatura Aditiva

A manufatura aditiva pode ser definida como um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente, ([VOLPATO, 2017](#)).

Neste processo, o material plástico (geralmente ABS ou PLA) é aquecido a uma determinada temperatura e depositado na peça camada por camada. A deposição do material plástico tem como base o desenho CAD da peça a ser fabricada por meio do sistema mecânico de precisão da impressora 3D.

Alguns materiais podem ser usados na manufatura aditiva. Os mais comuns são o ABS e o PLA. O ABS (acrilonitrila butadieno estireno), foi um dos primeiros plásticos a serem impressos em impressoras 3D industriais, e foi o material usado na manufatura aditiva de algumas das peças deste projeto.

Para que a impressora 3D possa fabricar alguma peça é necessário a utilização de um código em linguagem de máquina. O G-code (ou Código G) é a linguagem de programação padrão para a maioria das impressoras 3D. Em outras palavras, é um tipo de arquivo que comanda os movimentos da máquina a fim de produzir a peça a ser impressa. Para gerar o arquivo em G-code é necessário um software de fatiamento 3D.

O software de fatiamento usado neste trabalho foi o Creality Slicer versão 4.8.2. Neste software, é possível definir a velocidade, a altura das camadas, a porcentagem de preenchimento da peça, os perímetros entre outras configurações.

O software de modelagem 3D usado no projeto de todas as peças desenvolvidas neste trabalho foi o SolidWorks 2017. O SolidWorks é um software de computação gráfica que permite a criação de objetos com modelagem tridimensional. Também é possível a criação de desenhos 2D cotados a partir do modelo 3D criado. Nos Apêndices são mostrados, entre outros, os desenhos técnicos das peças projetadas usando o processo de manufatura aditiva.

2.2 Requisitos básicos do Andador Robótico Projetado

Os requisitos básicos do andador a ser desenvolvido neste trabalho são:

- Permitir o apoio físico do usuário na estrutura, de forma que seja possível seu deslocamento com a postura ereta.

- Ser capaz de permitir regulagem de altura de forma a aumentar a acessibilidade à pessoas com diferentes estaturas.
- Ser capaz de realizar sensoriamento do ambiente através da captura de imagens de uma câmera e detecção da presença do usuário na estrutura. Além de permitir a rotação da câmera para aumentar o grau de liberdade na captura de imagens.
- Realizar o processamento dos sinais obtidos do ambiente e gerar sinais de controle.
- Ser capaz de atuar no ambiente através do seu deslocamento físico por meio de um par de rodas com velocidades diferenciais controladas por PWM.

2.3 Especificações básicas

2.3.1 Motoredutor

Para que o Andador Robótico pudesse atuar sobre o ambiente, foi necessário a escolha de um motor que tivesse potência e torque suficientes. Considerando que tais Andadores são usados em baixas velocidades e com uma capacidade de carregamento de peso relativamente alta, foi considerado a escolha de um motorredutor com elevado torque, e baixa rotação do eixo. Para tanto, foi considerada uma potência mínima de dimensionamento de 50 W tendo como base o trabalho de ROCHA-JR. (2021).

Considerando uma velocidade linear máxima de aproximadamente 0,8 m/s e um diâmetro das rodas de 150 mm, chegou-se numa rotação necessária do eixo do motoredutor de aproximadamente 80 RPM.

Assim, o motoredutor escolhido possui 12 V de alimentação, uma potência nominal de 54 W, corrente nominal de 5 A, rotação nominal do eixo de 82 RPM e torque nominal de 10 Nm. O motoredutor escolhido pode ser visto na Figura 1 e suas características técnicas podem ser encontradas em [Motoredutor.club \(2022\)](#).

2.3.2 Bateria de alimentação dos motoredutores

Para alimentar o motoredutor citado anteriormente, é necessário uma bateria de no mínimo 12 V de tensão, além da possibilidade de fornecimento de corrente mínima de 5 A. Dado estas especificações, foram fornecidas pela universidade duas baterias de Nobreak de 12 V e 7 A . Estas baterias atenderam as especificações de alimentação dos motoredutores.

2.3.3 Driver para acionamento de potência

Para fazer o acionamento de potência dos motoredutores, além de permitir um controle por meio do microcontrolador Arduino Uno, foi escolhido o driver de acionamento

Figura 1 – Motoredutor 12 V



Fonte: obtido de [Motoredutor.club \(2022\)](#).

Monster Shield Ponte H Dupla 30 A - VNH3SP30, conforme a Figura 2. Este driver foi produzido em formato de Shield com o intuito de ser facilmente conectado ao Arduino Uno para o controle preciso. Ele possui duas pontes VNH3SP30 o que possibilita o controle de velocidade e o sentido de rotação dos motores com alta corrente, permitindo correntes contínuas de até 14 A e corrente máxima de pico de 30 A.

O Driver de acionamento escolhido, assim como sua descrição geral pode ser visto em [Eletrogate \(2022\)](#).

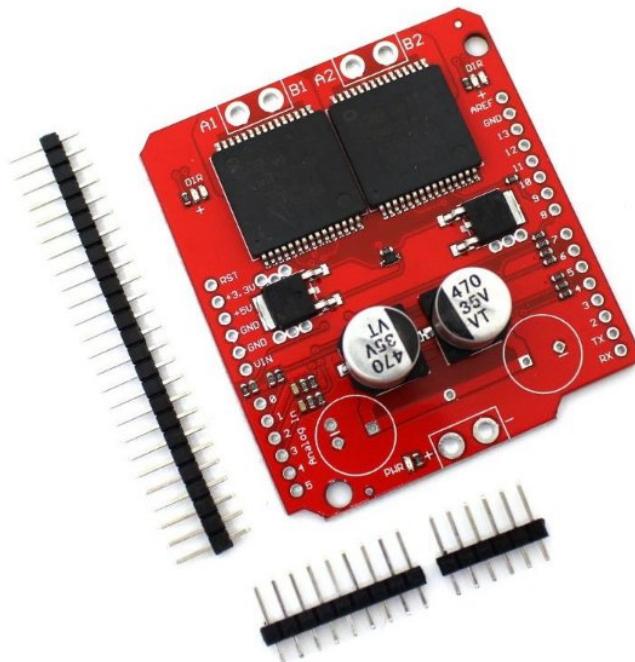
2.3.4 Microcontroladores

Foram usados dois sistemas computacionais embarcados para o acionamento deste projeto: o microcontrolador Arduino Uno e computador embarcado Beaglebone. A implementação do código usado para controle dos motores se encontra no trabalho de [Bezerra \(2022\)](#). Alguns projetos simples com Arduino usando sensores e atuadores podem ser vistos em [McRoberts \(2018\)](#).

O Arduino Uno foi previsto para ser utilizado na captura de sinais lógicos de sensores simples como sensores de distância, sensores de pressão e até em eventuais encoders por exemplo. Em conjunto com o driver, o Arduino também possibilita o controle lógico de mais baixo nível do acionamento dos motoredutores.

O Beaglebone foi previsto para ser utilizado no controle de mais alto nível, realizando processamentos de imagens para detecção de obstáculos, geração de caminhos e realizar odometria baseada em Unidade de Medida Inercial (IMU). É prevista a comunicação serial com o Arduino Uno.

Figura 2 – Driver para acionamento dos motoredutores



Fonte: obtido de [Eletrogate \(2022\)](#).

2.3.5 Câmera

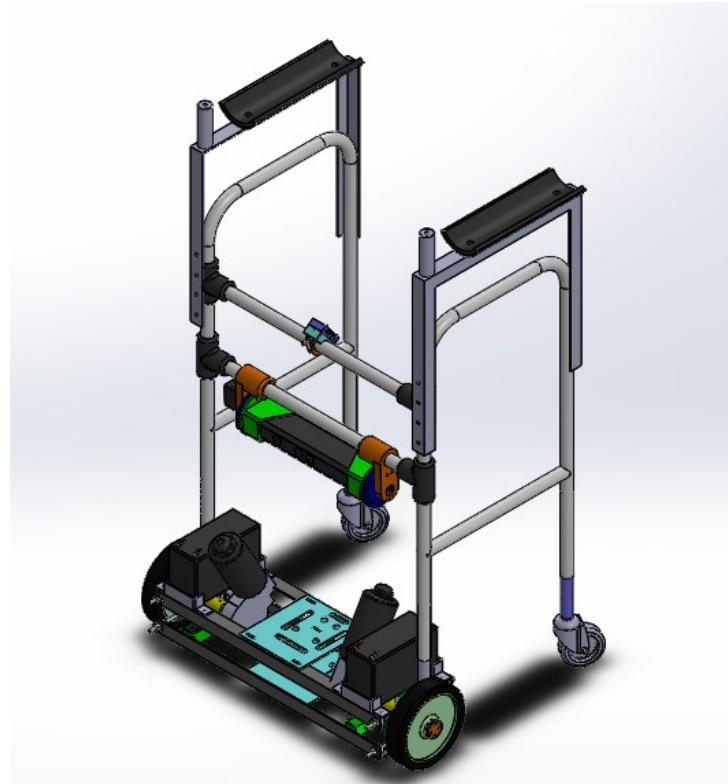
Foi previsto neste trabalho o uso da câmera Kinect do Xbox 360. O intuito de usar uma câmera é a aquisição de imagens a serem processadas pelo Beaglebone para detecção de obstáculos e geração de caminhos viáveis ao andador durante os deslocamentos.

3 Desenvolvimento

Para realizar o desenvolvimento das peças deste projeto, iniciou-se com as especificações básicas do Andador Robótico Inteligente que seria projetado. Para isso, foi pensado inicialmente nas especificações, dimensionamento e escolha dos componentes do sistema de tracionamento do Andador Robótico.

Escolhidos os componentes principais como os motoredutores, baterias e a estrutura básica do andador simples, pode ser feito o desenvolvimento do projeto computacional da estruturação mecânica dos componentes do Andador Robótico conforme Apêndice Q. Este por sua vez foi sendo atualizado conforme andamento do projeto. Por questão de conveniência, as versões anteriores não serão mostradas neste trabalho. Somente as peças e montagens do projeto da versão finalizada do Andador Robótico serão mostrados. A Figura 3 mostra o desenho CAD do Andador Robótico Inteligente a ser projetado neste trabalho.

Figura 3 – Desenho CAD do Andador Robótico Inteligente



Fonte: autoria própria

3.1 Sistemas Mecânicos do Andador Robótico Projetado

O Andador Robótico deste trabalho foi projetado através da adaptação da estrutura de um andador simples de alumínio com quatro pernas. A própria estrutura do andador simples já permite a regulagem de altura. O andador projetado possui quatro rodas, sendo duas frontais (rodas tratoras) e duas rodas traseiras (rodízios giratórios). Um sistema de potência microcontrolado foi adicionado à estrutura de forma a permitir o movimento. O sistema de potência é composto por motoredutores, driver de acionamento, baterias de alimentação, microcontrolador Arduino Uno para controle lógico. Também foi projetado a adição de sensores, sendo uma câmera (Kinect) para permitir o processamento de imagens, e sensor de distância (ultrassônico) para detecção da presença do usuário no andador.

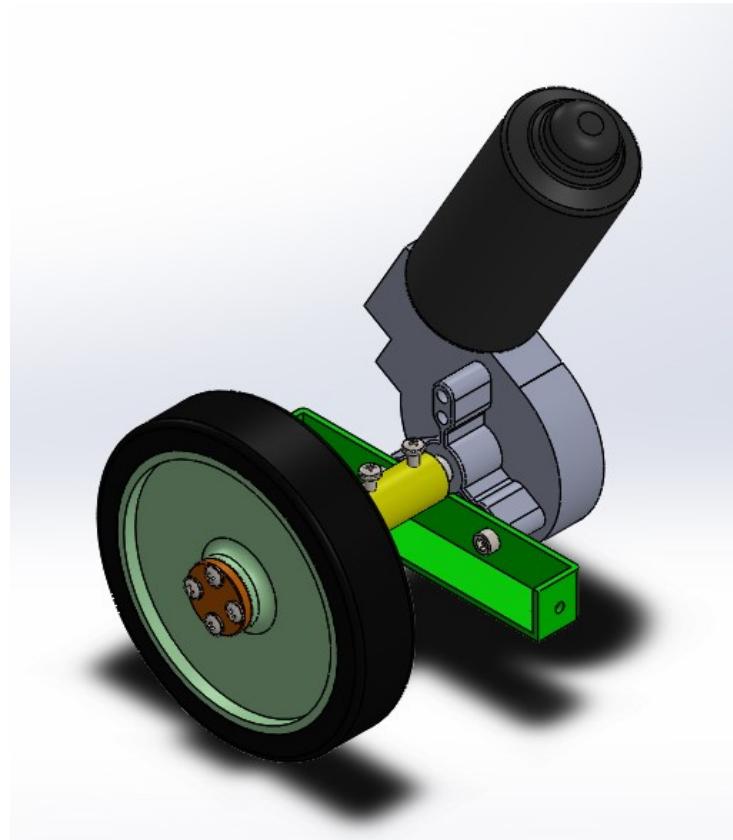
A estrutura física do Andador Robótico projetado neste trabalho foi dividido em quatro sistemas mecânicos principais, além de estruturas e peças adicionais que não se encaixam em um sistema mecânico particular, mas que foram necessárias para o projeto.

Os quatro sistemas mecânicos principais do Andador Robótico projetado foram definidos como:

- **Sistema Motor-Roda:** Responsável pela tração nas rodas dianteiras do Andador Robótico. Neste sistema o torque do motorredutor é transferido diretamente ao eixo das rodas por meio de acoplamentos. A Figura 4 mostra o desenho CAD projetado deste sistema e a vista explodida de suas peças é mostrada no apêndice S.
- **Sistema Estrutural dos Mancais:** Sistema responsável pela fixação dos mancais na estrutura do andador. Também tem a função de permitir a fixação do sistema Motor-Roda no andador. A Figura 5 mostra o desenho CAD projetado deste sistema e a vista explodida de suas peças é mostrada no apêndice R.
- **Sistema de Rotação da Câmera:** Sistema projetado para permitir a rotação da câmera (Kinect). O grau de liberdade adicional da câmera permite processamentos de imagem mais complexos. A Figura 6 mostra o desenho CAD projetado deste sistema e a vista explodida de suas peças é mostrada no apêndice T.
- **Sistema de Travamento do Sensor Ultrassônico:** Sistema desenvolvido para permitir a adição de um sensor de distâncias do tipo ultrassônico na estrutura do andador. O sistema é preso à estrutura por meio de pressão de travamento. A Figura 7 mostra o desenho CAD projetado deste sistema e a vista explodida de suas peças é mostrada no apêndice U.

Além dos sistemas principais descritos anteriormente, estruturas adicionais e outras peças também foram desenvolvidas para serem adicionadas à estrutura do andador. Dentre elas, tem-se duas estruturas de alumínio para apoio dos braços do usuário, bem como as

Figura 4 – Desenho CAD do Sistema Motor-Roda



Fonte: autoria própria

duas estruturas das rodas traseiras. A adição de bases para apoio do Arduino Uno e da Beaglebone também foram projetadas.

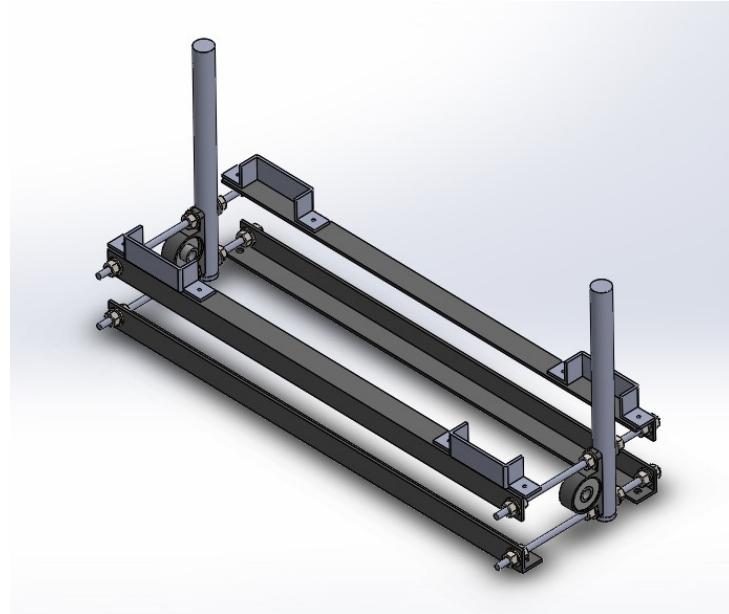
3.2 Peças manufaturadas

Esta seção aborda as peças deste projeto que foram totalmente manufaturadas partindo de uma matéria prima inicial, seja ela um material plástico, de alumínio ou de aço. Nesta seção será falado sobre o que é cada peça individualmente, sua função no andador, o material, processos de fabricação usados etc.

3.2.1 Acoplamentos dos Rodízios Giratórios

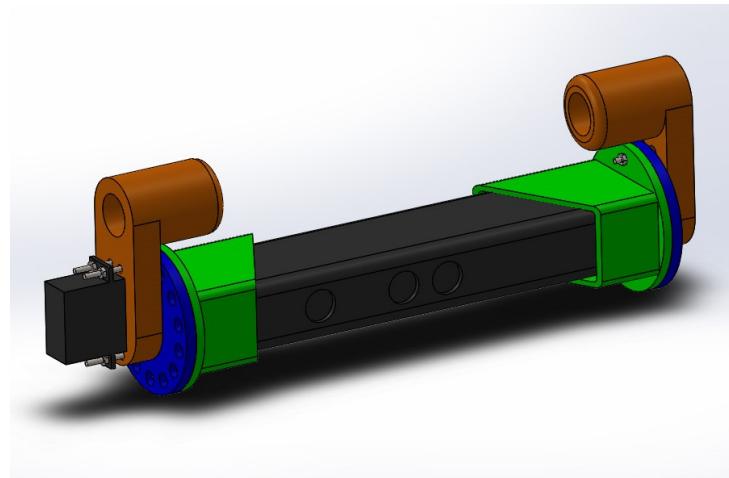
Esta peça foi desenvolvida para fazer o acoplamento das rodas pivotantes (rodízios giratórios) na estrutura tubular do andador. Foi projetada para ser encaixada por aperto na estrutura do andador, além de permitir o encaixe dos rodízios por meio de uma rosca interna. A Figura 8 mostra o desenho CAD do Acoplamento dos Rodízios Giratórios, cujo

Figura 5 – Desenho CAD do Sistema Estrutural dos Mancais



Fonte: autoria própria

Figura 6 – Desenho CAD do Sistema de Rotação da Câmera



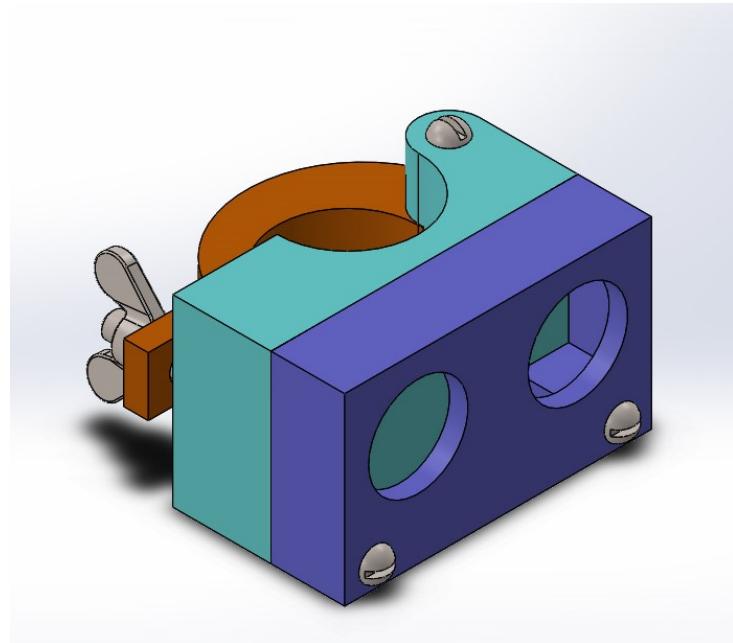
Fonte: autoria própria

desenho técnico pode ser visto no Apendice A. Foi feita usando como matéria-prima inicial cilindros maciços de plástico.

Esta peça foi fabricada usando os processos de torneamento e rosqueamento com macho.

No processo de torneamento, foram executadas as etapas de faceamento, seguido de furação de centro, torneamento cilíndrico externo, furação com torno (furo passante) e

Figura 7 – Desenho CAD do Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico



Fonte: autoria própria

Figura 8 – Desenho CAD do Acoplamento dos Rodízios



Fonte: autoria própria

chanframento.

No processo seguinte, foi executado o rosqueamento interno com macho. A rosca

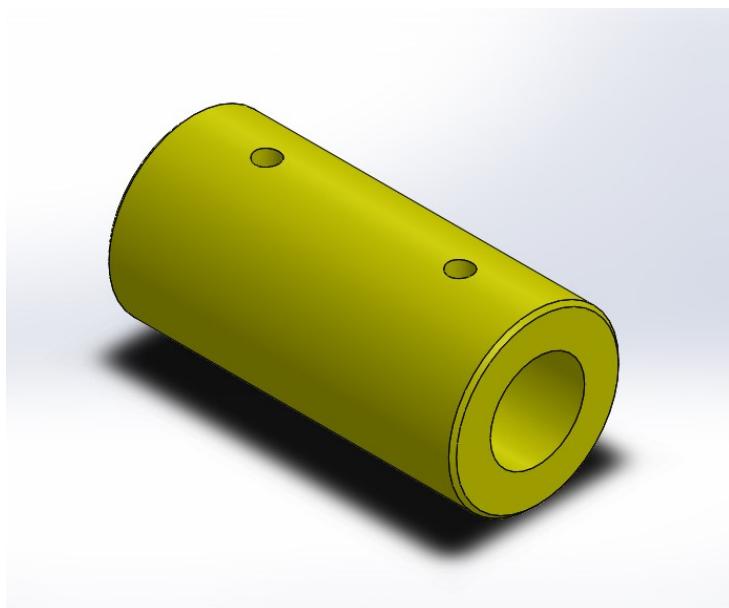
feita nesta peça foi do tipo não-passante.

Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as duas peças.

3.2.2 Acoplamentos dos Eixos

Esta peça foi desenvolvida para fazer o acoplamento entre o eixo da roda e o eixo do motoredutor. Foi projetada para ser fixada por meio de parafusos nas extremidades do acoplamento. A Figura 9 mostra o desenho CAD do Acoplamento dos Eixos, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice B. Foi feita usando como matéria-prima inicial cilindros maciços de alumínio.

Figura 9 – Desenho CAD do Acoplamento dos Eixos



Fonte: autoria própria

Os processos de fabricação usados nesta peça foram o torneamento, alargamento, furação, limagem e rosqueamento com macho.

No processo de torneamento, foram executadas as etapas de faceamento, furação de centro, torneamento externo, furação com torno e chanframento.

Após a furação com torno, foi feito o teste de encaixe nos eixos. Como a peça ainda não encaixava, foi necessário adicionar o processo de alargamento, usando alargador para furo de 12 mm.

No processo seguinte, foi feito a furação de dois furos com broca de 4,5 mm.

Em seguida, foi necessário adicionar o processo de limagem, usando lima do tipo chata, para retirada das rebarbas oriundas do processo de furação.

Por fim, foi feito o processo de rosqueamento com macho M5 nos dois furos.

Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as duas peças.

A Figura 10 mostra os acoplamentos de alumínio obtidos após os processos descritos anteriormente.

Figura 10 – Acoplamentos de alumínio dos eixos finalizados



Fonte: autoria própria

3.2.3 Eixos das Rodas

Esta peça foi desenvolvida para transferir o torque do motoredutor para as rodas dianteiras. Devido aos altos esforços mecânicos, foi necessário o uso de um material de maior resistência. A Figura 11 mostra o desenho CAD do Eixo das Rodas, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice C. Foi feita usando como matéria-prima inicial cilindros maciços de aço.

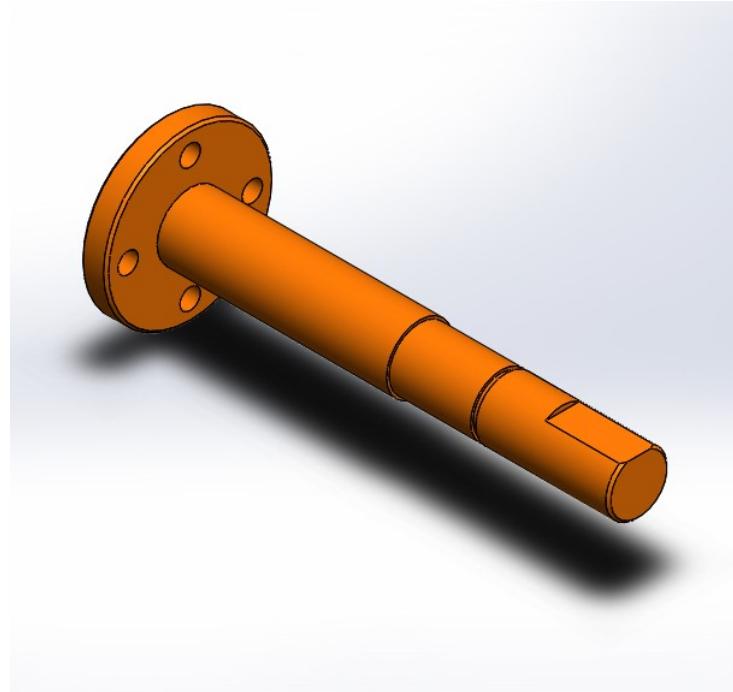
Os processos de fabricação usados nesta peça foram o torneamento, furação, limagem e fresamento.

No processo de torneamento, foram executadas as etapas de faceamento, furação de centro, torneamento externo, chanframento e sangramento.

No processo seguinte, foi feito a furação dos quatro furos com broca de 5 mm.

Em seguida, foi necessário adicionar o processo de limagem, usando lima do tipo chata, para retirada das rebarbas oriundas do processo de furação.

Figura 11 – Desenho CAD do Eixo das Rodas



Fonte: autoria própria

No processo seguinte, foi feito o fresamento do rasgo de 15 mm da ponta do eixo. O fresamento usado foi do tipo frontal com fresa de 10 mm.

Por fim, os eixos foram lubrificados para diminuir o processo de oxidação do material.

Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as duas peças.

A Figura 12 mostra os Eixos das Rodas obtidos após os processos descritos anteriormente.

3.2.4 Cilindros de Reforço da Estrutura dos Mancais

Esta peça foi desenvolvida para reforçar os tubos de alumínio da estrutura do andador na região de acoplamento dos mancais. Caso contrário o tubo não suportaria os esforços após ser preso às demais peças. Foi projetado para ser fixado no interior dos tubos por aperto. A Figura 13 mostra o desenho CAD do Cilindro de Reforço, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice D. Foi feita usando como matéria-prima inicial cilindros maciços alumínio.

Os processos de fabricação usados nesta peça foram o torneamento, furação e limagem.

Figura 12 – Eixos de aço das rodas finalizados



Fonte: autoria própria

No processo de torneamento, foram executadas as etapas de faceamento, furação de centro, torneamento externo e chanframento.

Após o torneamento, as peças foram encaixadas por aperto nos tubos de alumínio e só então executado o processo de furação, de forma que a montagem das duas peças foi o alvo da furação.

No processo de furação, foram feitos dois furos usando brocas de 8mm. O processo de furação nestas peças exigiu um maior nível de cuidado, visto que a precisão quanto ao alinhamento, paralelismo e distância de centro-a-centro dos furos seria de suma importância no processo de montagem dos mancais e demais peças.

Em seguida, foi necessário adicionar o processo de limagem, usando lima do tipo chata, para retirada das rebarbas oriundas do processo de furação.

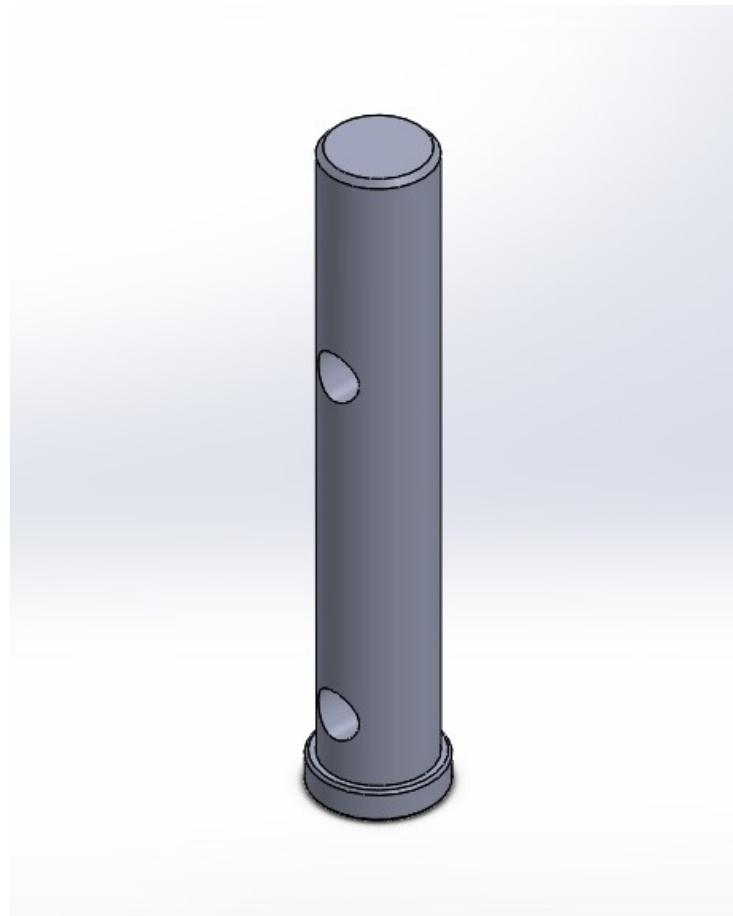
Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as duas peças.

A Figura 14 mostra um dos Cilindros de Reforço obtido após o processo de torneamento e antes do processo de furação. Já na Figura 15 é mostrado a montagem dos Cilindros de Reforço nos tubos das pernas do andador com os furos finalizados.

3.2.5 Cantoneira Longa

Estas peças foram desenvolvidas para estruturar o apoio dos motoredutores na base do andador. O andador projetado possui quatro dessas cantoneiras, estruturadas de forma que haja maior resistência no sistema mecânico. O desenho técnico desta peça pode

Figura 13 – Desenho CAD do Cilindro de Reforço



Fonte: autoria própria

ser visto no Apêndice E. Foram feitas usando como matéria-prima inicial as cantoneiras de alumínio de 3 m.

Os processos de fabricação usados nesta peça foram o serramento, furação e limagem.

Inicialmente foi executado o processo de serramento para obter o comprimento da peça conforme o desenho técnico.

Em seguida foi feita a limagem para retirada das arestas cortantes oriundas do processo anterior.

Em seguida foi feito o processo de furação dos dois furos mais externos com broca de 8mm, seguido dos demais furos com broca de 3,5 mm.

Finalmente foi repetido o processo de limagem, usando lima do tipo chata, para retirada das rebarbas oriundas do processo de furação.

Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as quatro peças.

Figura 14 – Cilindro de reforço após processo de torneamento



Fonte: autoria própria

Figura 15 – Pernas frontais com os Cilindros de Reforço finalizados



Fonte: autoria própria

A Figura 16 mostra uma das quatro cantoneiras longas obtidas após os processos descritos anteriormente.

3.2.6 Cantoneiras Curtas

Estas peças foram desenvolvidas para acoplar os motoredutores nas Cantoneiras Longas e consequentemente na estrutura do andador. O andador projetado possui quatro

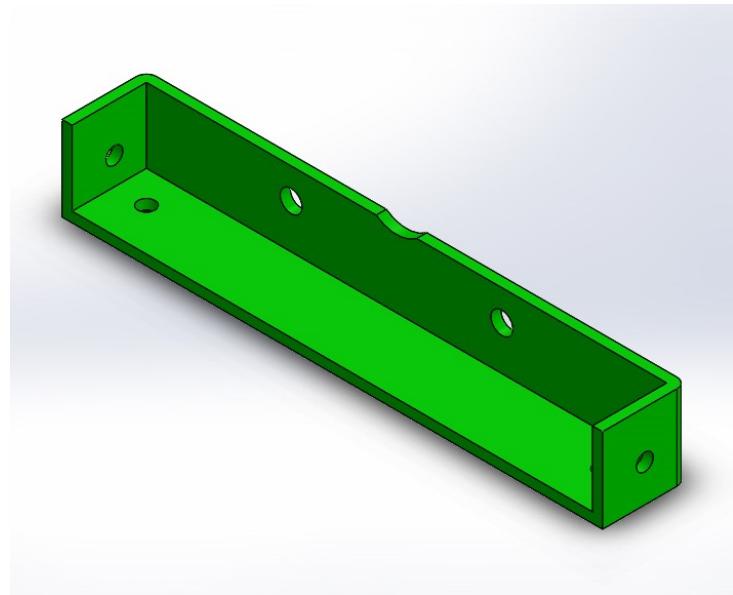
Figura 16 – Cantoneira Longa finalizada



Fonte: autoria própria

dessas cantoneiras. A Figura 17 mostra o desenho CAD da Cantoneira Curta, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice F. Foram feitas usando como matéria-prima inicial as cantoneiras de alumínio de 3 m.

Figura 17 – Desenho CAD da Cantoneira Curta



Fonte: autoria própria

Os processos de fabricação usados nesta peça foram o serramento, furação, limagem e dobramento.

Inicialmente foi executado o processo de serramento da cantoneira para obter o comprimento da peça conforme o desenho técnico. Numa segunda etapa, foi feito o serramento de parte das extremidades da cantoneira para posteriormente poder ser

realizado o dobramento. Também foi feito o serramento em formato triangular no centro da peça.

Em seguida foi feita a limagem, usando lima do tipo chata, para retirada das arestas cortantes oriundas do processo anterior. Também foi usado a lima do tipo redonda para remover as arestas do centro da peça e para aproximar do formato circular como projetado.

Em seguida foi realizado o processo de furação usando broca de 3,5 mm.

Por fim foi realizado o processo de dobramento, onde as extremidades da peça foram dobradas em um ângulo de 90°. O dobramento foi realizado manualmente prendendo parte da peça numa morça de bancada.

Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as duas peças.

A Figura 18 mostra uma das duas cantoneiras obtidas após os processos descritos anteriormente.

Figura 18 – Cantoneira Curta finalizada

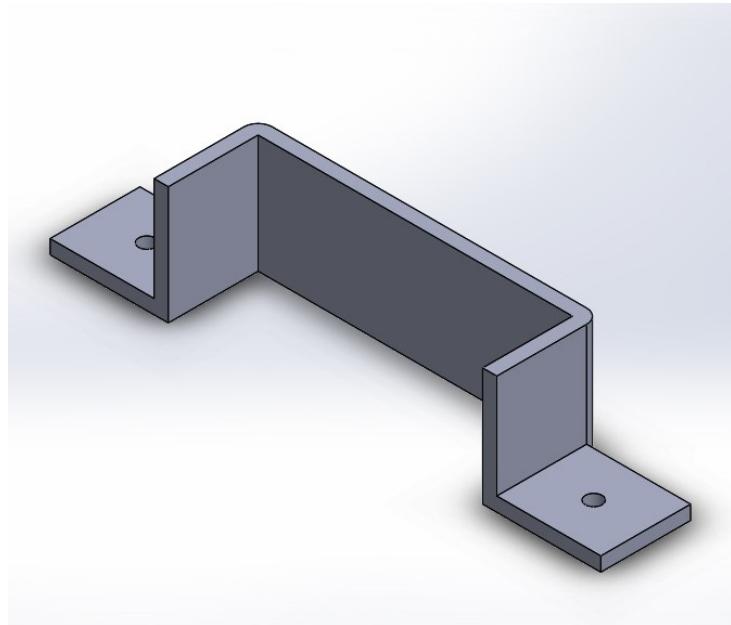


Fonte: autoria própria

3.2.7 Cantoneiras de Suporte das Baterias de 12 V

Esta peça foi desenvolvida para posicionar as baterias de 12 V na estrutura do andador. Cada uma das duas baterias foi presa com duas cantoneiras, totalizando quatro dessas peças. A Figura 19 mostra o desenho CAD da Cantoneira de Suporte das Baterias de 12 V, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice G. Foram feitas usando como matéria-prima inicial as cantoneiras de alumínio de 3m.

Figura 19 – Desenho CAD da Cantoneira de Suporte das Baterias de 12 V



Fonte: autoria própria

Os processos de fabricação usados nesta peça foram o serramento, furação, limagem e dobramento.

Inicialmente foi executado o processo de serramento da cantoneira para obter o comprimento da peça conforme o desenho técnico. Numa segunda etapa, foi feito o serramento de parte das extremidades da cantoneira para posteriormente poder ser realizado o dobramento.

Em seguida foi feita a limagem, usando lima do tipo chata, para retirada das arestas cortantes oriundas do processo anterior.

Logo após, foi realizado o processo de dobramento, onde as extremidades da peça foram dobradas em um ângulo de 90°. O dobramento foi realizado manualmente prendendo parte da peça numa morça de bancada.

Foi utilizado um processo de serramento adicional para corte do excesso de cantoneira desnecessária nesta peça, após o processo de dobramento.

Por fim, foi realizado o processo de furação de dois furos usando broca de 3,5 mm.

Cada um dos processos anteriores foram feitos simultaneamente para as quatro peças.

A Figura 20 mostra uma das Cantoneiras de Suporte obtidas após todos os processos descritos anteriormente.

Figura 20 – Cantoneira de suporte das baterias finalizada



Fonte: autoria própria

3.3 Peças semi-manufaturadas

Esta seção aborda as peças deste projeto que foram semi-manufaturadas, ou seja, peças que já foram obtidas com algum processo de manufatura prévio. Tais peças tiveram que ter processos adicionais para serem utilizadas no projeto.

3.3.1 Estrutura do andador simples

Foi a primeira estrutura obtida do projeto e é a base a partir da qual as demais peças foram projetadas e montadas. É uma estrutura feita com tubos de alumínio conectados entre si por meio de junções plásticas em 'T' e parafusos autobrocantes. A Figura 21 mostra a estrutura do andador simples logo após a compra e antes do processo de furação nos tubos das pernas frontais.

3.3.2 Barras roscadas de 5/16'

Estas peças foram feitas por meio de uma barra roscada de 5/16 de polegada com comprimento de 1m, obtida por meio de compra. Para este projeto, foram utilizadas quatro barras de 220 mm, obtidas através do processo de corte da barra inicial.

3.3.3 Rodas dianteiras

São as principais rodas do projeto, responsáveis pelo deslocamento físico do andador. Constituem um par de rodas diferenciais para movimento linear e angular do andador. As rodas foram inicialmente obtidas de um projeto anterior, e tiveram que ser adaptadas.

Figura 21 – Estrutura do andador simples de alunínio



Fonte: autoria própria

O único processo de fabricação usado foi a furação. Foram feitos cinco furos em cada roda, sendo um furo central passante de 13 mm e quatro furos periféricos cegos de 4,5 mm. O furo central foi feito usando broca de 13 mm e os perifericos com broca de 4,5 mm.

A Figura 22 mostra as rodas dianteiras do andador finalizadas já com os eixos de aço acoplados e presos com parafusos.

3.4 Peças de manufatura aditiva

A seguir são mostradas as peças feitas em manufatura aditiva.

3.4.1 Sistema de rotação da câmera (kinect)

Este sistema foi desenvolvido para que a câmera (kinect) possa ser presa na estrutura do andador. Além disso, o sistema permite o movimento angular gerando maior campo de

Figura 22 – Rodas dianteiras finalizadas



Fonte: autoria própria

visão da câmera. A Figura 23 mostra o desenho CAD deste sistema. Para realizar a rotação, foi pensado na utilização de um servo-motor. Assim, o sistema deve simultaneamente prender o kinect na estrutura, permitir a rotação da câmera e permitir o acoplamento de um servo-motor como fonte da potência para a rotação. Todo este sistema foi projetado para ser feito em manufatura aditiva, de forma que cada peça individual do sistema tem um perfil fácil de ser projetada por camadas.

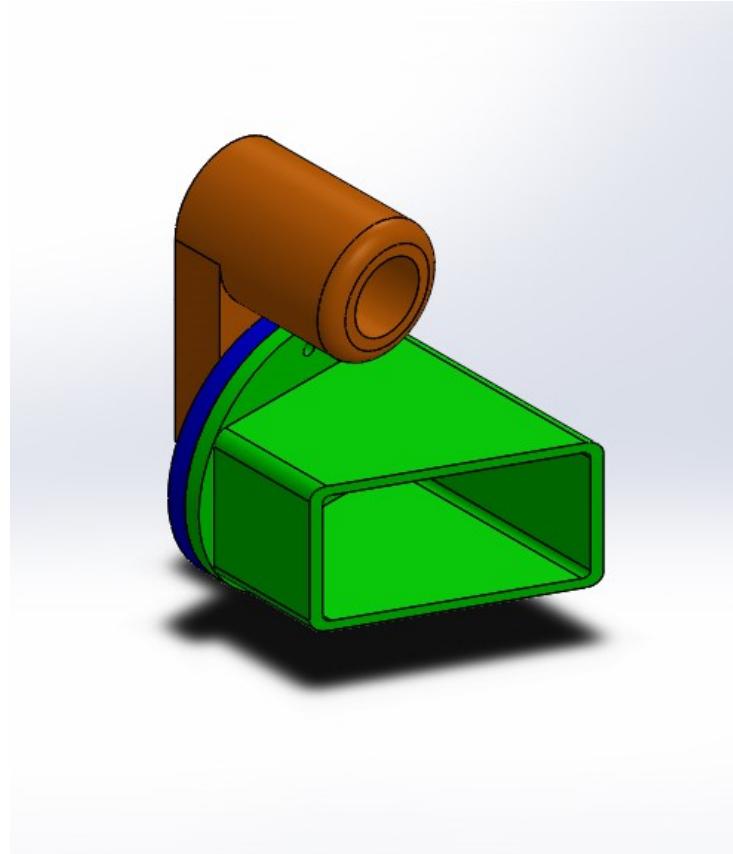
3.4.1.1 Suporte do kinect

Esta peça foi projetada para que possa ser acoplada externamente às extremidades laterais da câmera (kinect). Foi desenvolvida para ser fixada ao eixo do suporte do kinect por meio de porcas e parafusos. A Figura 24 mostra o desenho CAD do Suporte do Kinect, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice I.

3.4.1.2 Eixo do Suporte do kinect

Esta peça funciona como eixo de rotação do sistema da câmera, além de ser acoplada ao suporte do kinect e à base de suporte do kinect. Possui um conjunto de sete pares de furos permitindo um maior número de posições angulares iniciais da visão da câmera. Nesta peça apenas um par de furos é usada para prender ao suporte do kinect. A Figura 25 mostra o desenho CAD do Eixo do Suporte do Kinect, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice J.

Figura 23 – Desenho CAD do Sistema de Rotação da Câmera



Fonte: autoria própria

3.4.1.3 Base do Suporte do kinect

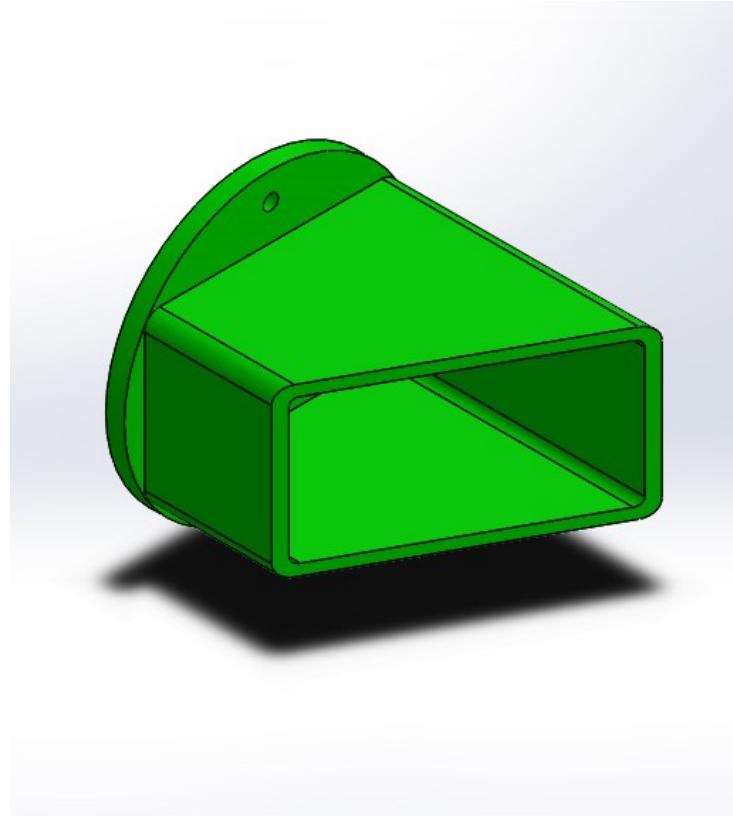
Esta peça foi projetada para ser presa na estrutura tubular do andador e para que possa ser acoplado o servo-motor e o eixo do suporte do kinect. A Figura 26 mostra o desenho CAD da Base do Suporte do Kinect, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice H.

A Figura 27 mostra o conjunto dos três tipos de peças que compõem o sistema de rotação da câmera logo após a manufatura aditiva.

3.4.2 Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico

Este sistema foi desenvolvido para que um sensor de distâncias do tipo ultrassônico possa ser preso na estrutura tubular do andador. Permite a fixação e alteração angular rápida na estrutura por meio de um sistema de trava por aperto usando um parafuso sextavado com porca tipo borboleta.

Figura 24 – Desenho CAD do Suporte do Kinect



Fonte: autoria própria

3.4.2.1 Suporte do Sensor Ultrassônico

Esta peça tem a função de prender o sensor ultrassônico na peça de base. A Figura 28 mostra o desenho CAD do Suporte do Sensor Ultrassônico, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice K.

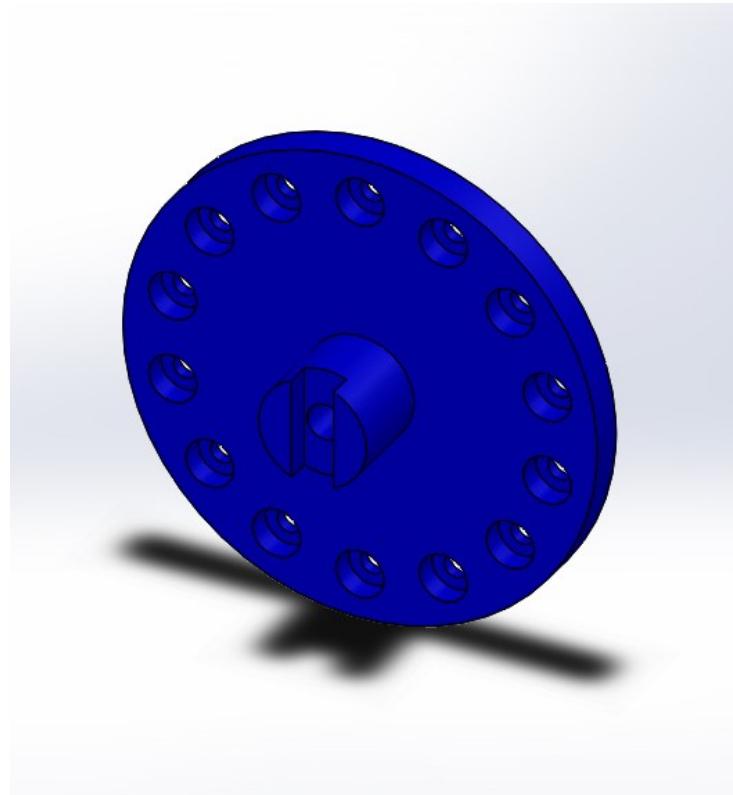
3.4.2.2 Base do Suporte do Sensor Ultrassônico

Esta peça é a base para o acoplamento das demais peças do sistema de trava. Possui parte do perfil circular do tubo cilíndrico da estrutura do andador. Também possui um furo com perfil hexagonal para alocar o parafuso sextavado. A Figura 29 mostra o desenho CAD da Base do Suporte do Sensor Ultrassônico, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice L.

3.4.2.3 Trava do Suporte do Sensor Ultrassônico

Esta peça possuí a outra parte do perfil circular do tubo cilíndrico da estrutura do andador. Esta peça é móvel em relação à base, para permitir a folga e aperto por

Figura 25 – Desenho CAD do Eixo do Suporte do Kinect



Fonte: autoria própria

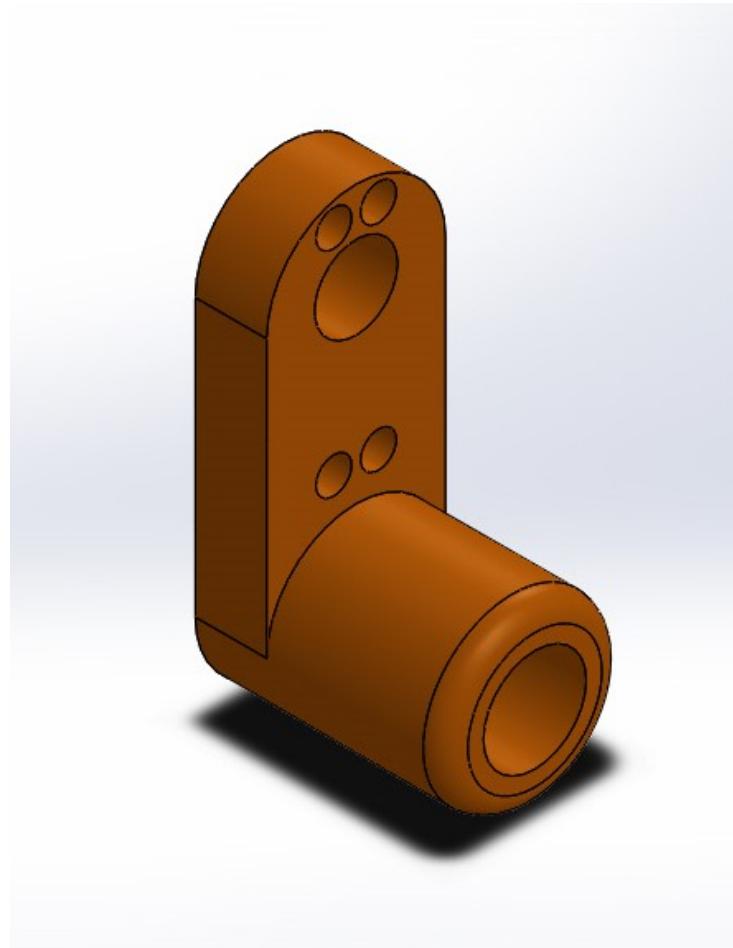
pressão na estrutura. A Figura 30 mostra o desenho CAD da Trava do Suporte do Sensor Ultrassônico, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice M.

A Figura 31 mostra o conjunto dos 3 tipos de peças que compõem o sistema de trava e fixação do sensor ultrassônico, já a Figura 32 mostra o detalhe do mecanismo deste sistema.

3.4.3 Base de Suporte do Arduino

Esta peça foi projetada para que se possa prender com parafusos a placa Arduino Uno na estrutura do andador. É basicamente uma placa retangular com 4 furos de fixação distanciados conforme especificação física dos furos do Arduino Uno. A placa em si também é presa à estrutura do andador por meio de parafusos, porcas e arruelas de fixação. A Figura 33 mostra Base de Suporte do Arduino, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice N.

Figura 26 – Desenho CAD da Base do Suporte do Kinect



Fonte: autoria própria

3.4.4 Base de Suporte da Beaglebone

É similar à peça anterior, entretanto projetada para a placa Beaglebone. Além disso permite que sejam presos a bateria de alimentação da Beaglebone e um hub para porta USB para comunicação serial com o Arduino Uno. A Figura 34 mostra a Base de Suporte da Beaglebone com os dispositivos periféricos montados nas laterais (bateria e hub USB), cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice O.

3.4.5 Trava da Base de Suporte da Beaglebone

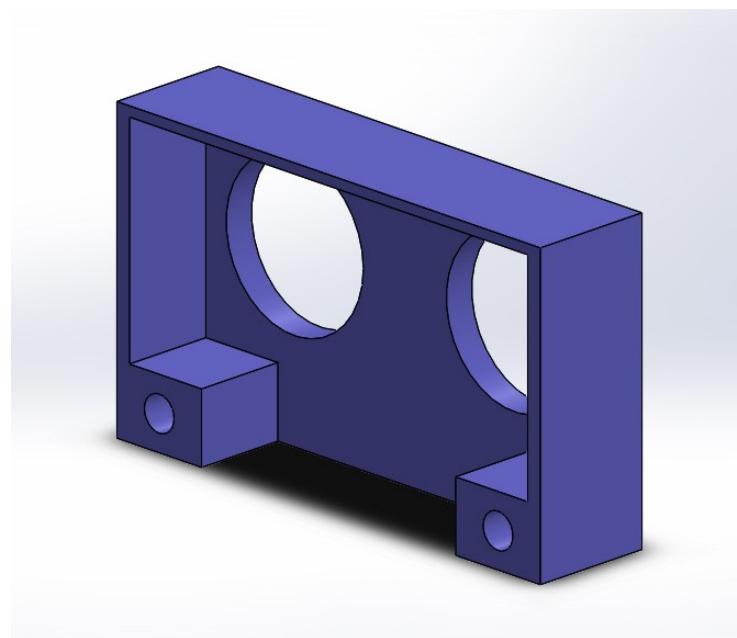
Esta peça serve para prender a bateria e o hub da Beaglebone na Base de Suporte da Beaglebone. A Figura 35 mostra a Trava da Base de Suporte da Beaglebone, cujo desenho técnico pode ser visto no Apêndice P.

Figura 27 – Peças do sistema de rotação da câmera após a manufatura aditiva



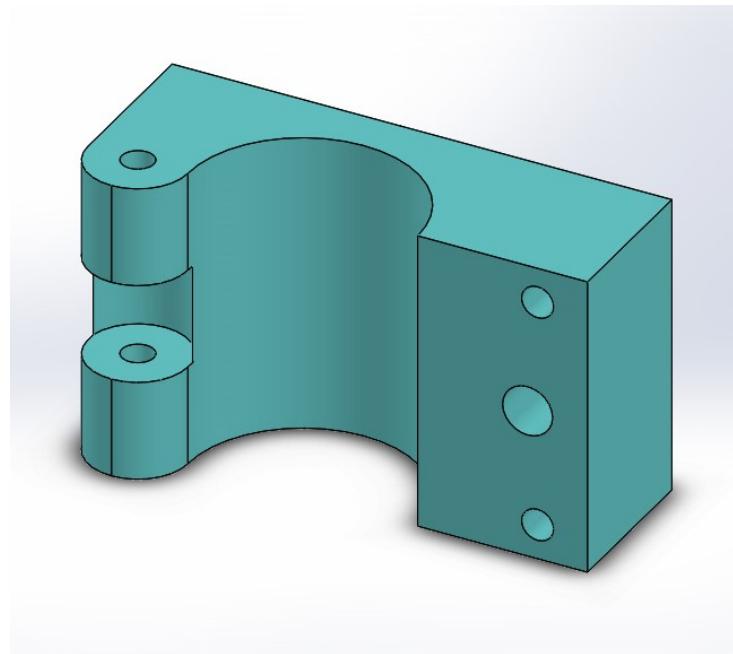
Fonte: autoria própria

Figura 28 – Desenho CAD do Suporte do Sensor Ultrassônico



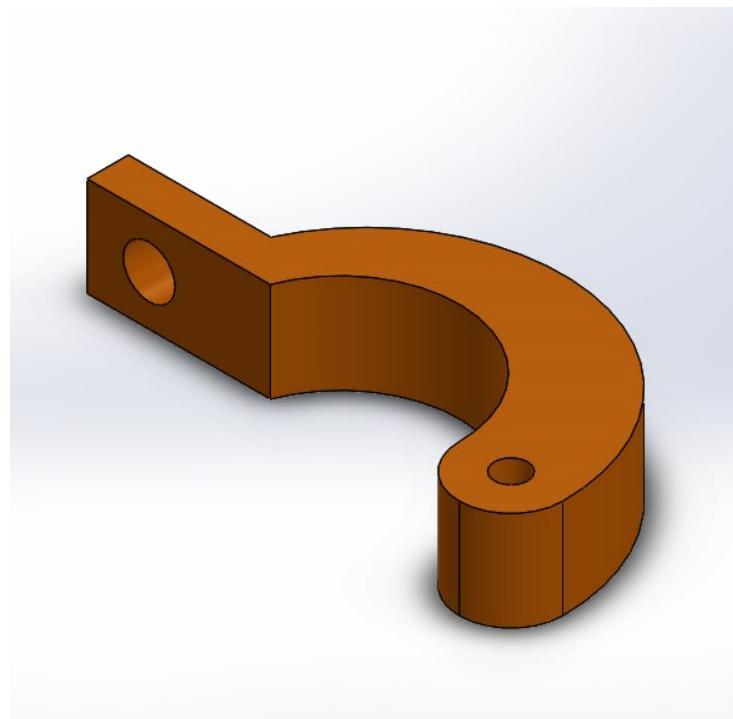
Fonte: autoria própria

Figura 29 – Desenho CAD da Base do Suporte do Sensor Ultrassônico



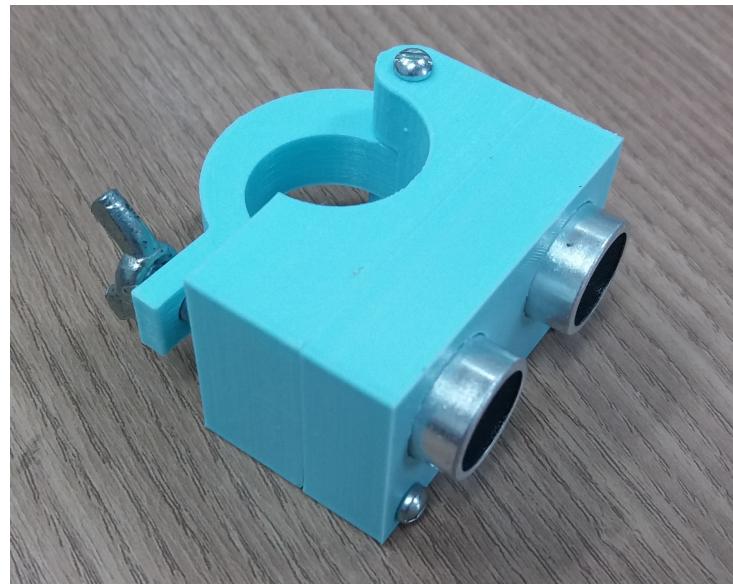
Fonte: autoria própria

Figura 30 – Desenho CAD da Trava do Suporte do Sensor Ultrassônico



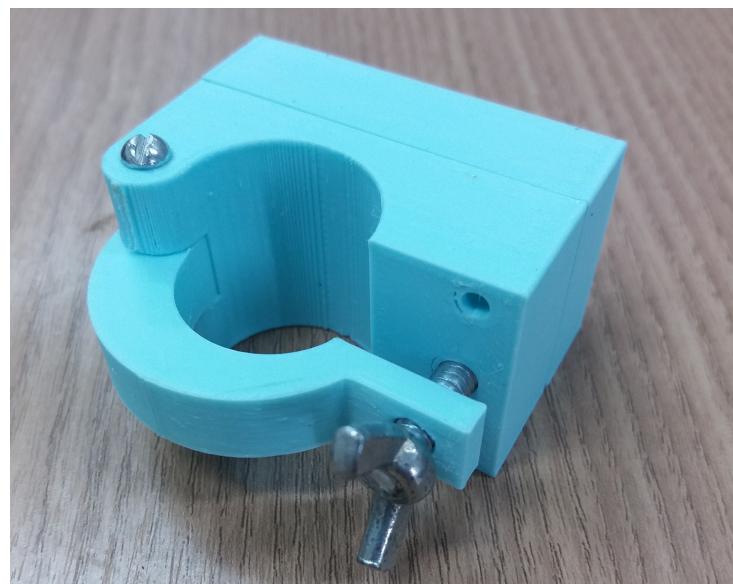
Fonte: autoria própria

Figura 31 – Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico finalizado



Fonte: autoria própria

Figura 32 – Detalhe do mecanismo do sistema de trava



Fonte: autoria própria

3.5 Peças prontas de fábrica

Estas peças caracterizam-se por já estarem totalmente finalizadas de fábrica, de forma que não requerem nenhum tipo de processo de fabricação adicional. São peças em sua maioria de natureza elétrica (como motores, placas e baterias) e de fixação (como

Figura 33 – Base de Suporte do Arduino



Fonte: autoria própria

porcas e parafusos).

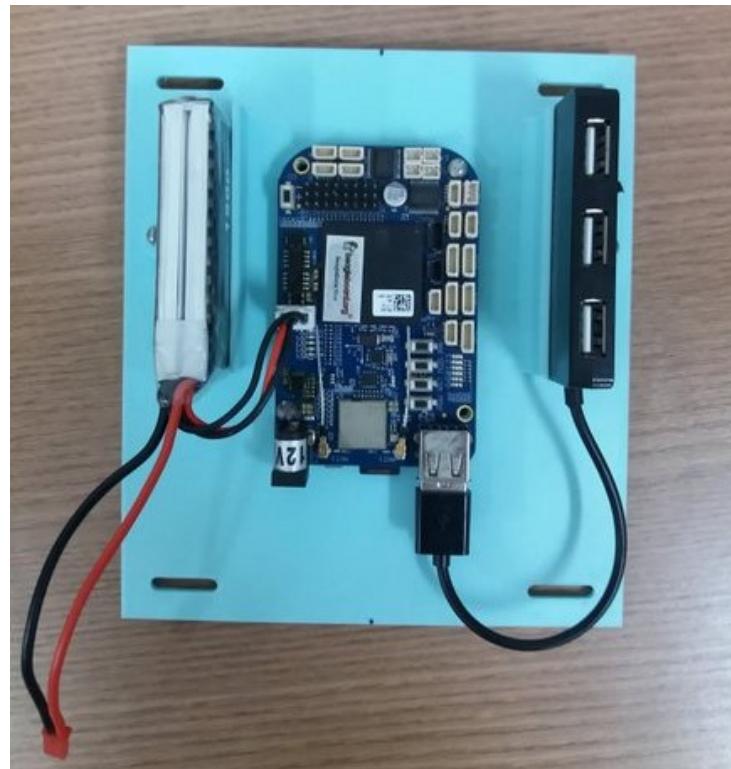
3.5.1 Componetes elétricos

Das peças prontas de fábrica usados neste projeto existem aqueles de natureza elétrica, cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica. Tais componentes estão expressos conforme a Tabela 1.

3.5.2 Peças de fixação

Os elementos de fixação como porcas, arruelas e parafusos usados neste projeto, bem como a quantidade de cada uma estão expressos conforme a Tabela 2.

Figura 34 – Base de Suporte da Beaglebone



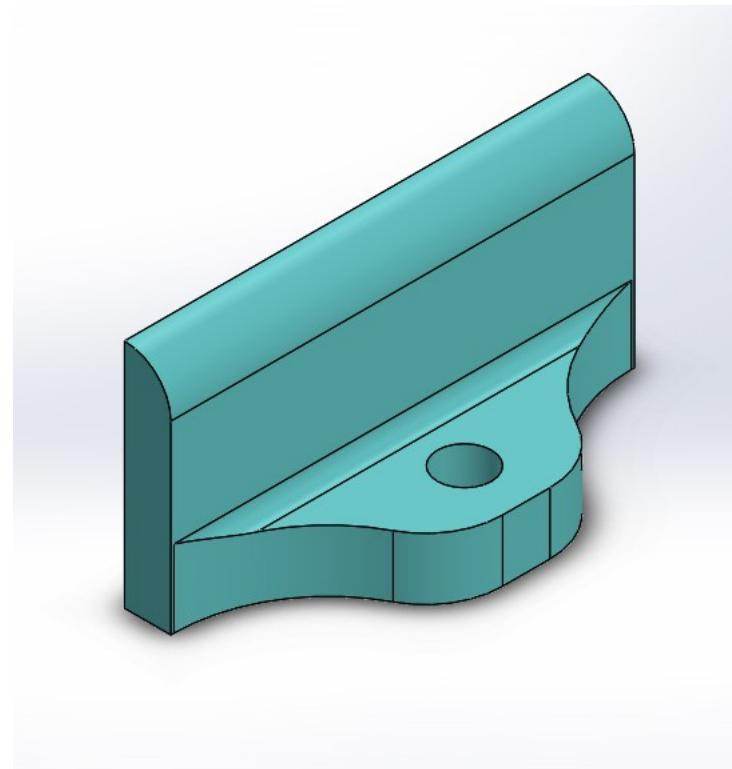
Fonte: autoria própria

Tabela 1 – Componentes de natureza elétrica.

Peça	Quantidade
Motoredutor 12 V	2
Bateria 12 V 7 A Nobreak	2
Motor Driver Shield VNH2SP30 30 A	1
Microcontrolador Arduino Uno	1
Computador embarcado Beaglebone	1
Câmera kinect	1
Sensor de distância ultrassônico	1
Sevo-Motor	1

Fonte: autoria própria

Figura 35 – Trava da Base de Suporte da Beaglebone



Fonte: autoria própria

Tabela 2 – Componentes de fixação mecânica.

Peça	Quantidade
Anel de trava para eixo de 12 mm	2
Parafuso Philips M5	8
Parafuso Philips flangeado 4X35 mm	8
Parafuso sextavado	1
Parafuso Allen M6 com cabeça cilíndrica	4
Parafuso fenda simples 1/8'	32
Porca sextavada 1/8'	24
Porca sextavada 5/16'	24
Porca tipo borboleta	1
Arruela lisa 5/16'	24
Arruela lisa 1/8'	8

Fonte: autoria própria

4 Resultados

Os resultados serão mostrados através dos sistemas individuais do Andador Inteligente montados separadamente, seguido da montagem finalizada do protótipo do Andador desenvolvido.

4.1 Sistemas do Andador Inteligente finalizados

4.1.1 Sistema Motor-Roda finalizado

A Figura 36 mostra a montagem do Sistema Motor-Roda finalizado.

Figura 36 – Sistema Motor-Roda finalizado



Fonte: autoria própria

No geral, este sistema apresentou um bom desempenho quanto ao funcionamento, visto que, como previsto, o motorredutor teve potência suficiente para realizar o movimento da estrutura do Andador. O motorredutor aparentou estar fixado de forma satisfatória,

não houve sinais de folga dos parafusos que o prendem na estrutura, nem movimentos irregulares. As rodas dianteiras também tiveram desempenho satisfatório, não havendo nenhum problema como deslocamentos irregulares do Eixo da Roda em relação aos mancais.

Entretanto é necessário melhorar o desempenho do Acoplamento de Eixos, visto que apresentou problemas quanto a fixação após alguns testes de movimento do Andador. A rosca de alguns furos desta peça foram inutilizadas após repetidas operações de aperto de parafusos. Para tentar resolver o problema desta peça, foram feitos mais dois furos roscados em cada Acoplamento, aumentando assim a quantidade de pontos para travamento com parafusos tipo M5, o que resolveu o problema em parte.

4.1.2 Sistema Estrutural dos Mancais finalizado

A Figura 37 mostra a montagem do Sistema Estrutural dos Mancais finalizado.

Figura 37 – Sistema Estrutural dos Mancais finalizado



Fonte: autoria própria

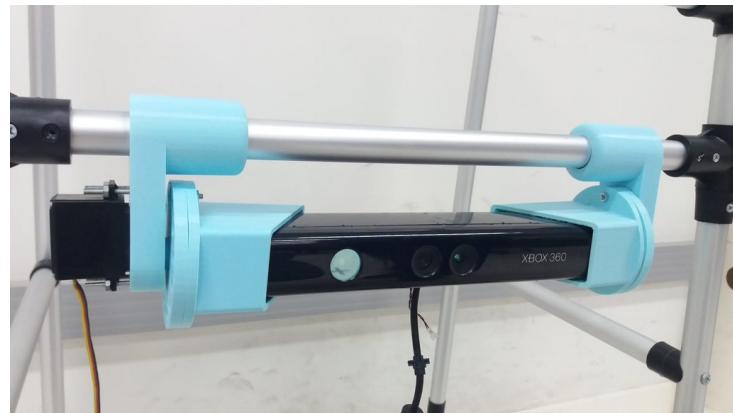
Este sistema cumpriu a função de prender os morreductores na estrutura do andador conforme projetado, além de ter permitido a fixação e alinhamento estável dos mancais. Também permitiu, eficientemente, a acomodação das baterias de 12 V, de forma que a parte central do sistema fosse dedicada aos microcontroladores e driver de acionamento.

4.1.3 Sistema de Rotação da Câmera finalizado

A Figura 38 mostra a montagem do Sistema de Rotação da Câmera finalizado.

Este sistema, por ter sido desenvolvido em manufatura aditiva, não teve problemas sérios quanto às peças obtidas em relação ao que foi projetado. Com exceção do problema da primeira camada das peças de manufatura aditiva, no geral o sistema cumpriu com o planejado de fixar a câmera na estrutura e permitir a sua rotação. Foram feitos testes

Figura 38 – Sistema de Rotação da Câmera finalizado



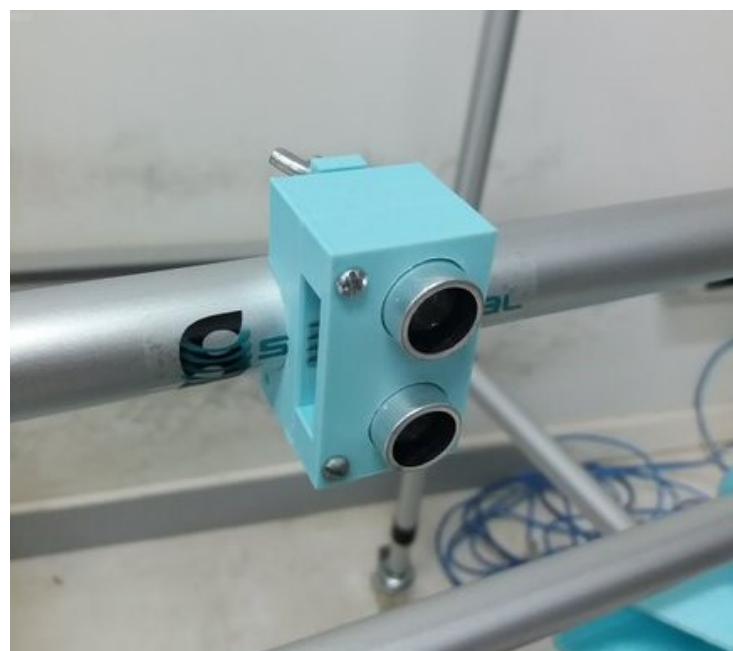
Fonte: autoria própria

preliminares de rotação, usando o servo motor, comprovando o funcionamento deste sistema.

4.1.4 Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico finalizado

A Figura 39 mostra a montagem do Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico finalizado na estrutura do andador .

Figura 39 – Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico finalizado



Fonte: autoria própria

Este sistema cumpriu a função de fixar o sensor ultrassônico na estrutura do andador, como foi projetado. A montagem obtida permite a modificação fácil e rápida da posição angular do sensor, bem como sua inserção e remoção na estrutura.

4.2 Montagem obtida do protótipo do Andador Robótico Inteligente

Os sistemas do Andador Robótico Inteligente foram todos montados, bem como a adição dos componentes elétricos, resultando na montagem obtida conforme a Figura 40.

O protótipo do Andador Robótico Inteligente foi testado de forma preliminar comprovando o funcionamento básico dos seus sistemas individuais.

Figura 40 – Montagem final do Andador Robótico Inteligente



Fonte: Fornecido e autorizado por [Bezerra \(2022\)](#)

O repositório de todas as peças, montagens e desenhos, bem como imagens, pdf's e demais arquivos criados pelo autor deste trabalho encontram-se disponíveis no seguinte repositório do github: [Oliveira \(2022\)](#).

5 Conclusões

5.1 Conclusões Gerais

No geral, pode-se concluir que o projeto desenvolvido neste trabalho foi estruturado de forma que possa ser utilizado futuramente como um Andador Inteligente. Os sistemas mecânicos individuais foram testados, comprovando seu funcionamento básico. O protótipo do Andador finalizado também foi testado, mas trabalhos de melhorias futuras ainda devem ser adicionados ao projeto.

5.2 Trabalhos Futuros

Algumas sugestões de alterações futuras de algumas peças dos sistemas do Andador Inteligente, bem como trabalhos que faltaram ser desenvolvidos no projeto, são mostradas a seguir.

No Sistema Motor-Roda, é aconselhado a substituição do Acoplamento dos Eixos por outra peça similar, mas de material com maior resistência mecânica para resolver o problema da transferência de torque entre os eixos.

No Sistema Estrutural dos Mancais, é necessário adicionar alguns furos para fixação completa da placa da Beaglebone, além de adicionar alguma estrutura que permita a elevação da Base de Apoio da placa, permitindo uma maior facilidade na conexão do cabo USB. Também é recomendado remover o comprimento excedente das quatro barras roscadas.

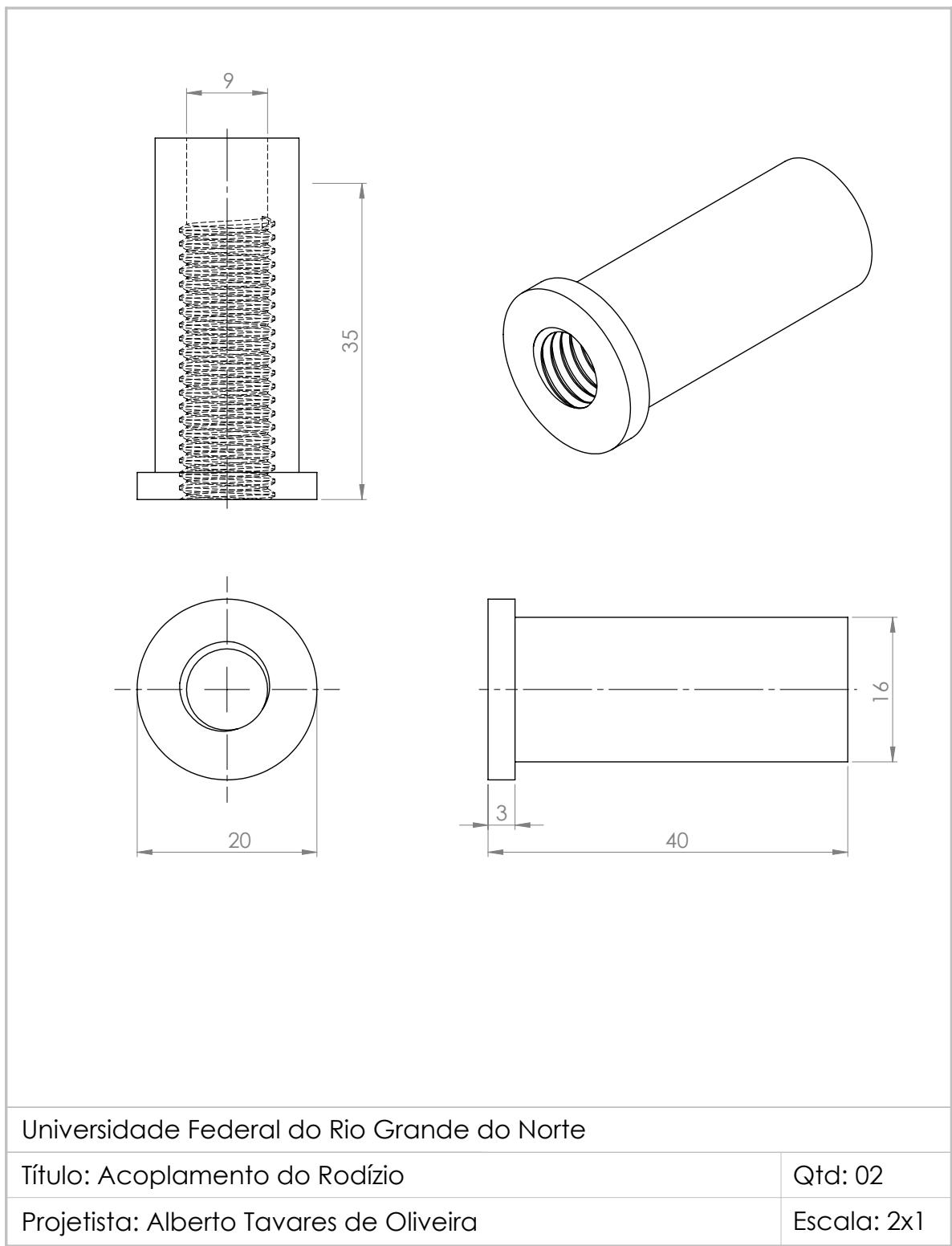
No Sistema de Rotação da Câmera, é aconselhado a modificação do projeto da peça Base de Suporte do Kinect por um sistema de travamento com parafusos e porcas tipo borboleta similar ao do Sistema de Trava do Sensor Ultrassônico. Esta modificação permitirá uma fixação muito mais eficiente.

A estrutura de apoio dos braços não pôde ser desenvolvida e deverá ser feita posteriormente, bem como o projeto de montagem do sensor de pressão nesta estrutura.

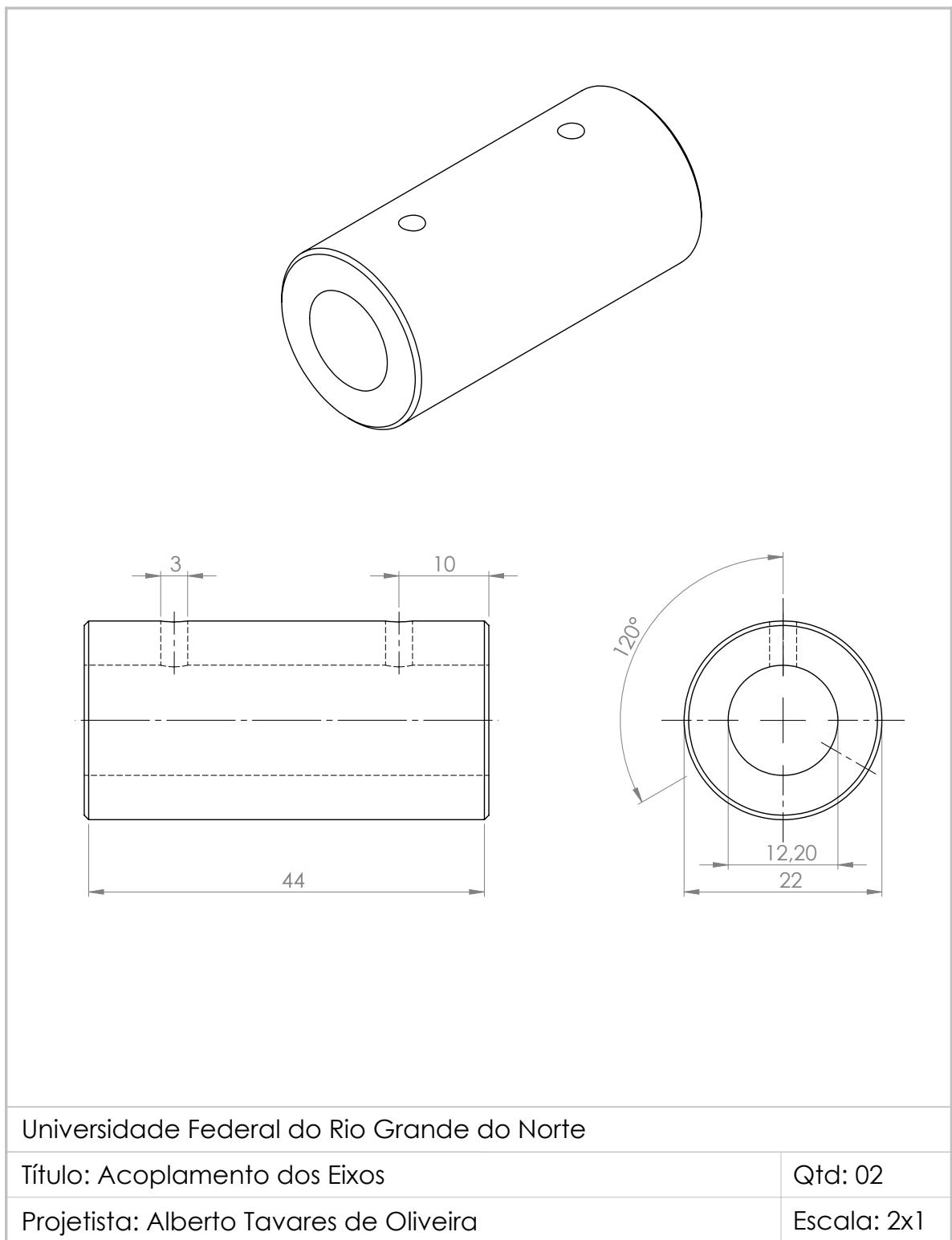
Referências

- BEZERRA, R. R. *Odometria baseada em Unidade de Medida Inercial para Andador Robótico Inteligente*. 2022. Citado 3 vezes nas páginas 13, 17 e 49.
- Eletrogate. *Driver Monster Shield Ponte H Dupla 30A - VNH3SP30*. Disponível em:<<https://www.eletrogate.com/driver-monster-shield-ponte-h-dupla-30a-vnh3sp30>>. 2022. Acesso em: 19 mai. 2022. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- GROOVER, M. P. *Introdução aos processos de fabricação*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016. ISBN 978.85.216.2519-3. Citado 3 vezes nas páginas 13, 14 e 15.
- IBGE. *Evolução dos grupos etários no Brasil 2010-2060*. Disponível em:<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projicao/box_gruposetarios.html?ag=00&ano=2022>. 2022. Acesso em: 20 jul. 2022. Citado na página 11.
- KALACHE, A.; VERAS, R. P.; RAMOS, L. R. O envelhecimento da população mundial: um desafio novo. *Revista de Saúde Pública*, SciELO Brasil, v. 21, p. 200–210, 1987. Citado na página 13.
- MICROBERTS, M. *Arduino básico*. [S.l.]: Novatec Editora, 2018. Citado na página 17.
- MEDEIROS, A. A. D. de. *Robótica móvel*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. ISBN 978.85.216.2303-8. Citado na página 13.
- Motoredutor.club. *MOTOREDUTOR 12V E 24V / 54W / 82RPM / 10NM*. Disponível em:<<https://www.motoredutor.club/motoredutor/motoredutor-imobras-1005019-12v-e-24v-54w-82rpm-10nm>>. 2022. Acesso em: 5 mai. 2022. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.
- OLIVEIRA, A. T. de. *Repositório do projeto do Andador Robótico Inteligente*. Disponível em:<<https://github.com/Albertotavaresdeoliveira/Andador-Robotico-Inteligente>>. 2022. Acesso em: 19 jul. 2022. Citado na página 49.
- ROCHA-JR., J. D. C. *Design and implementation of Electronic Architecture for Cloud Robotics and Human-Robot-Environment Interaction Strategy Applied to Smart Walker*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 16.
- SAAD, P. M. Envelhecimento populacional: demandas e possibilidades na área de saúde. *Séries Demográficas*, v. 3, p. 153–166, 2016. Citado na página 11.
- VALADÃO, C. et al. Adaptação de andador convencional para reabilitação e assistência a pessoas com restrições motoras. In: *XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica; SBEB: Uberlândia, Brazil*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 533–536. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 13.
- VOLPATO, N. *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. [S.l.]: Editora Blucher, 2017. Citado na página 15.

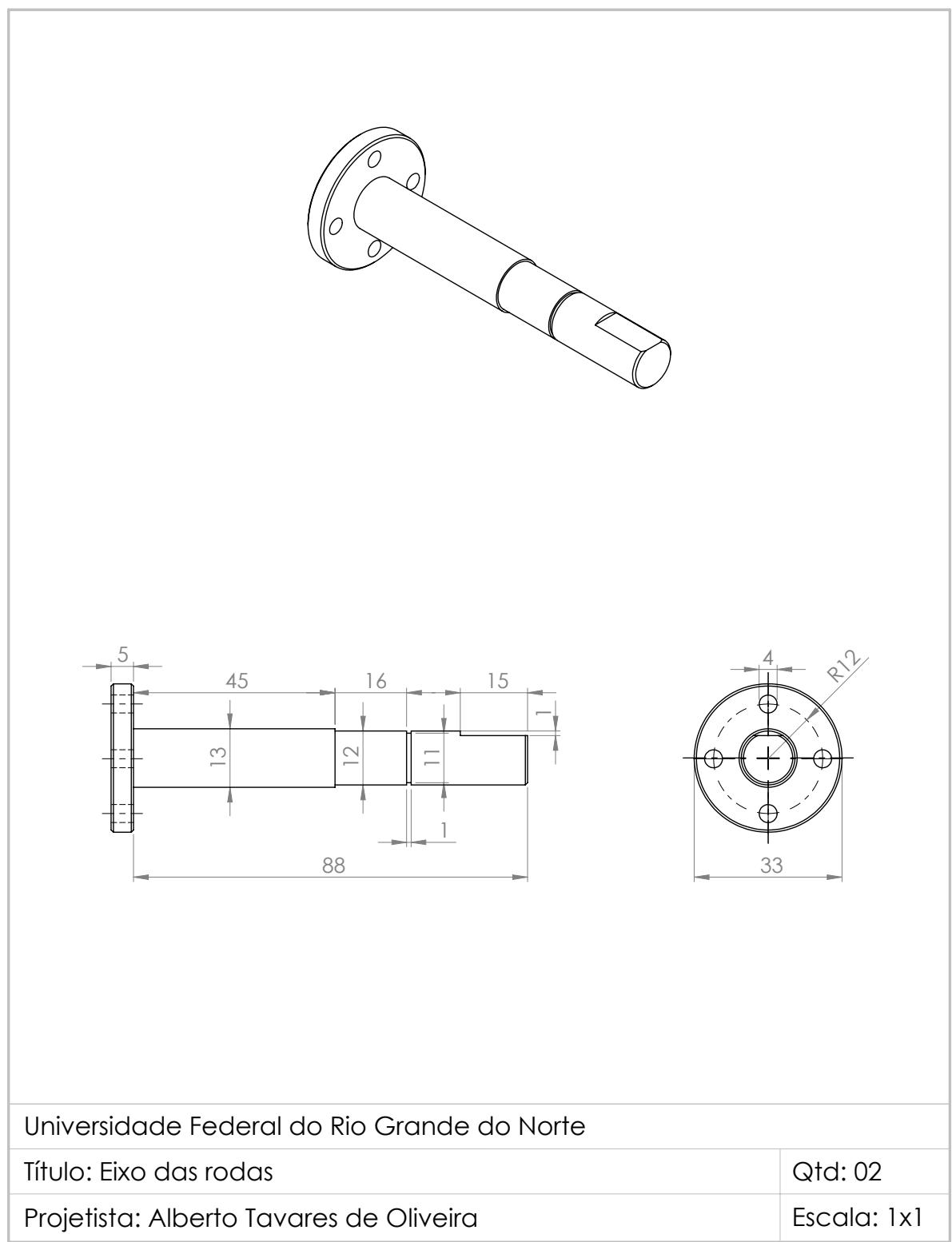
APÊNDICE A – Acoplamento do rodízio giratório



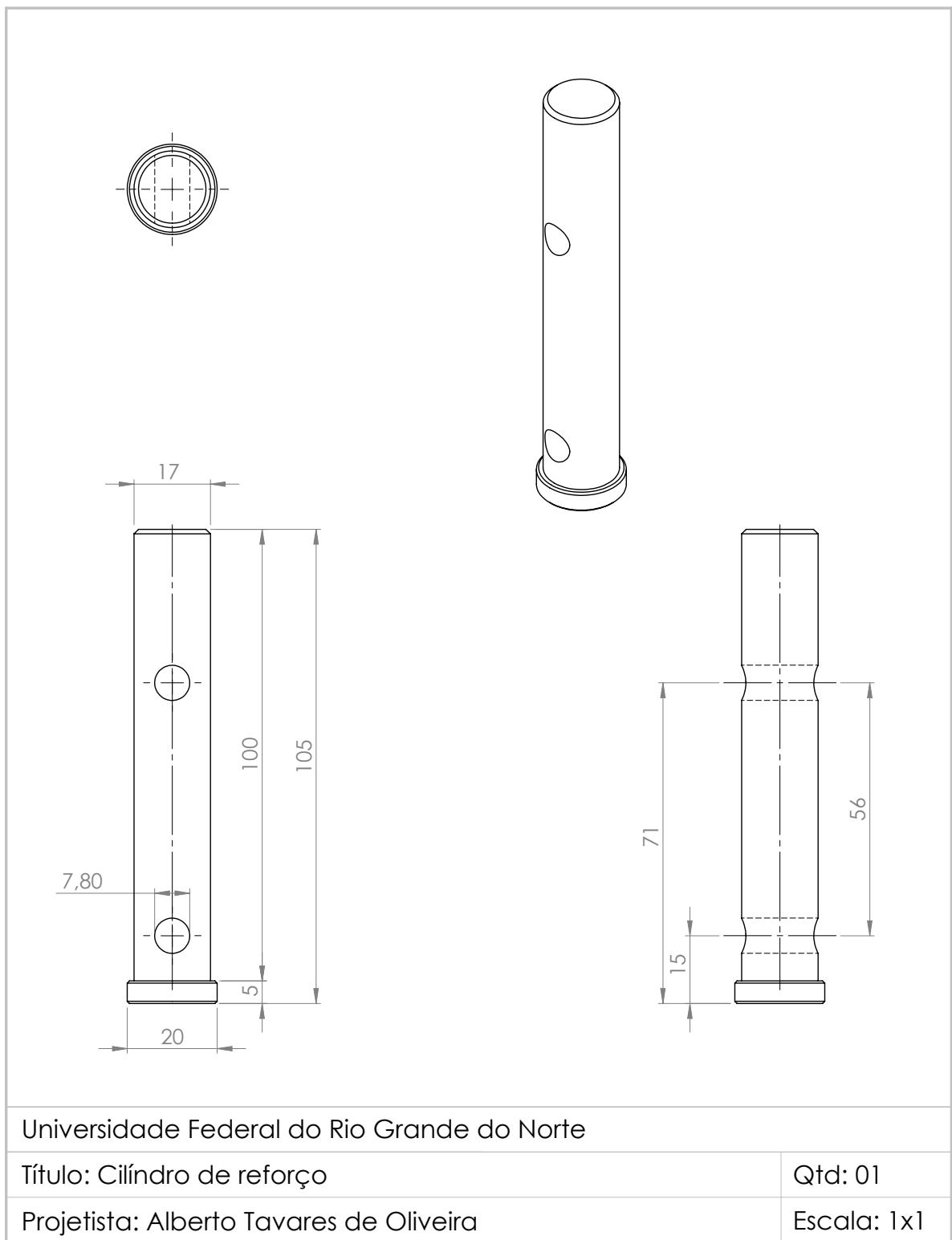
APÊNDICE B – Acoplamento dos eixos



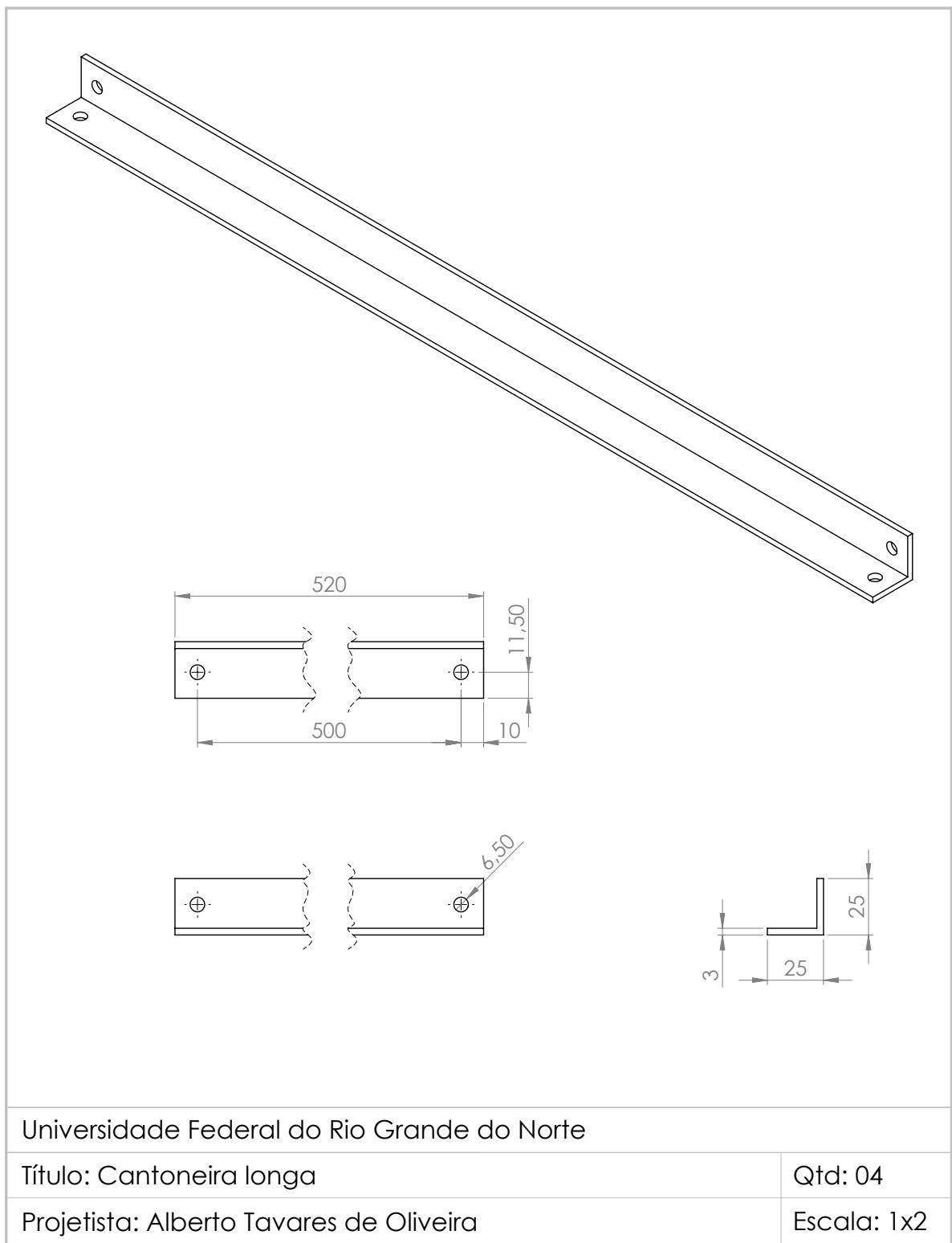
APÊNDICE C – Eixo das rodas



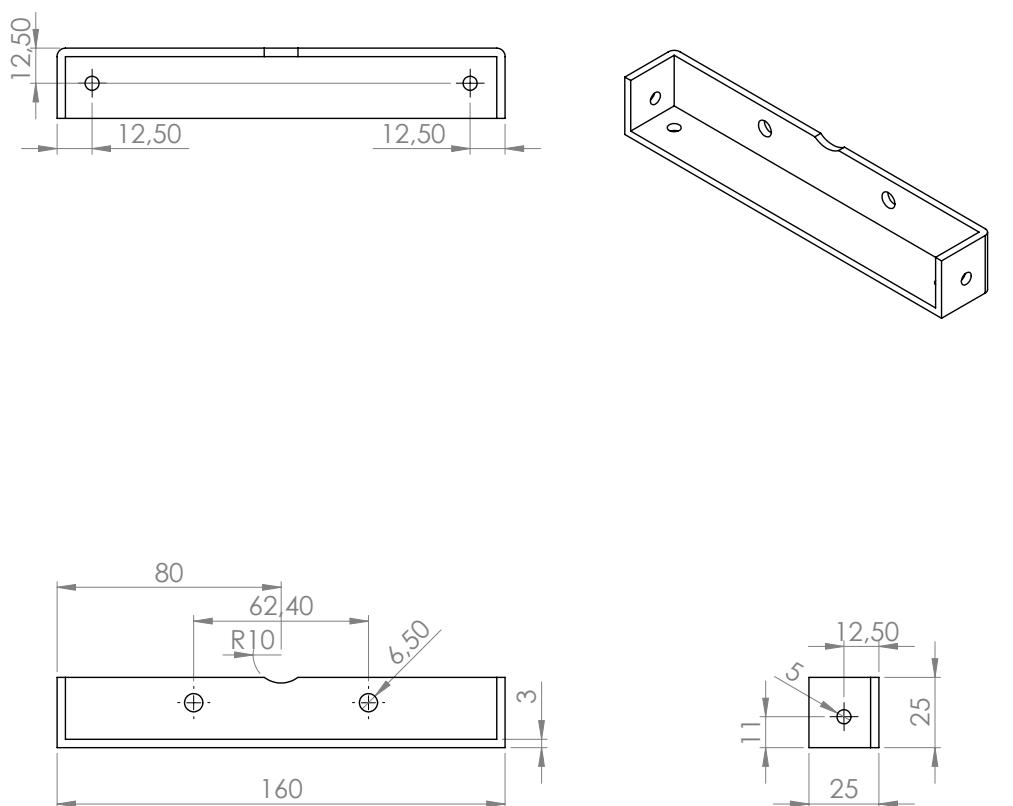
APÊNDICE D – Cilindro de reforço



APÊNDICE E – Cantoneira longa



APÊNDICE F – Cantoneira curta



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

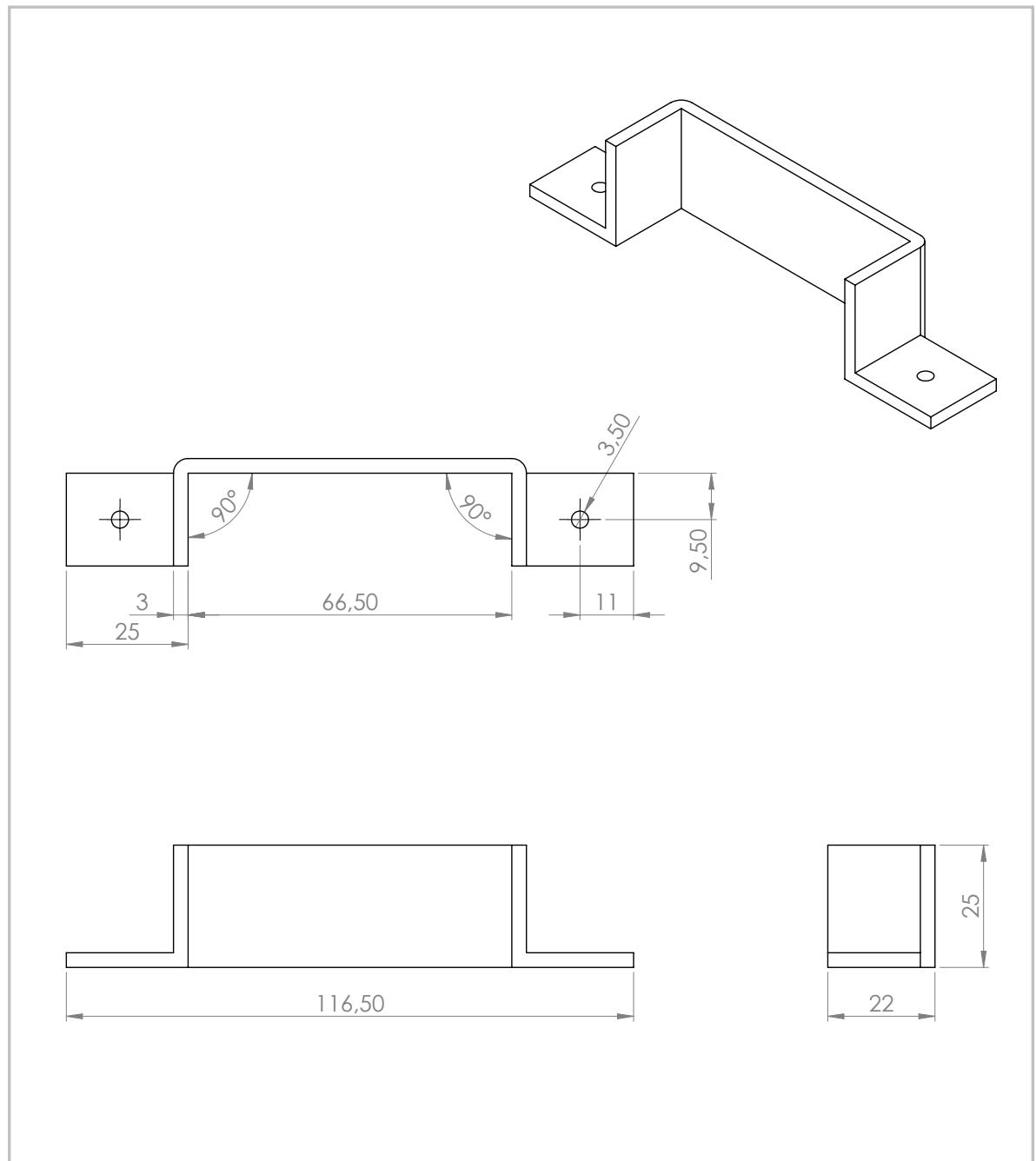
Título: Cantoneira curta de fixação dos motores

Qtd: 02

Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x2

APÊNDICE G – Cantoneira de suporte das baterias de 12V



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

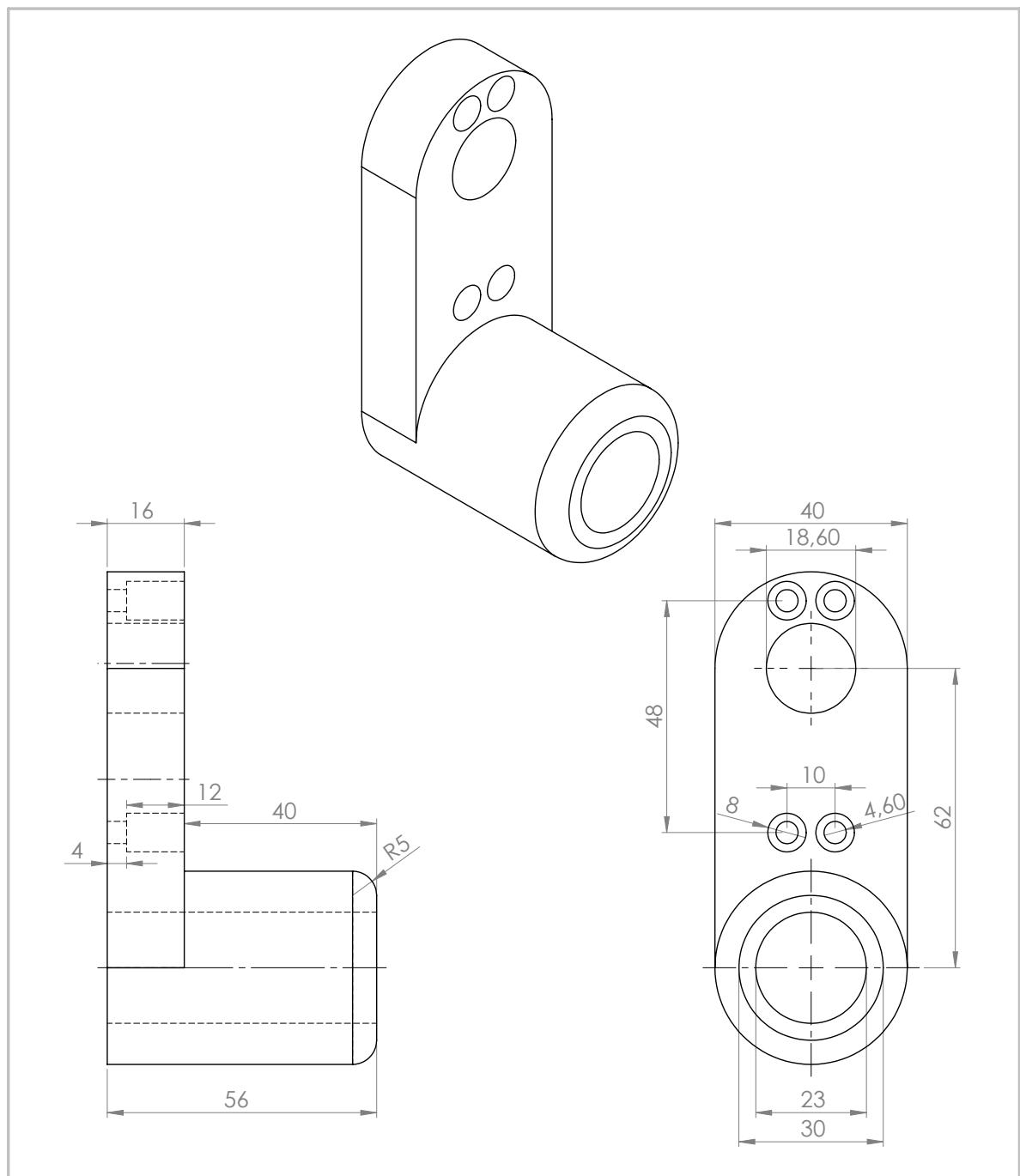
Título: Cantoneira de suporte das baterias de 12V

Qtd: 02

Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x1

APÊNDICE H – Base do Suporte do Kinect



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

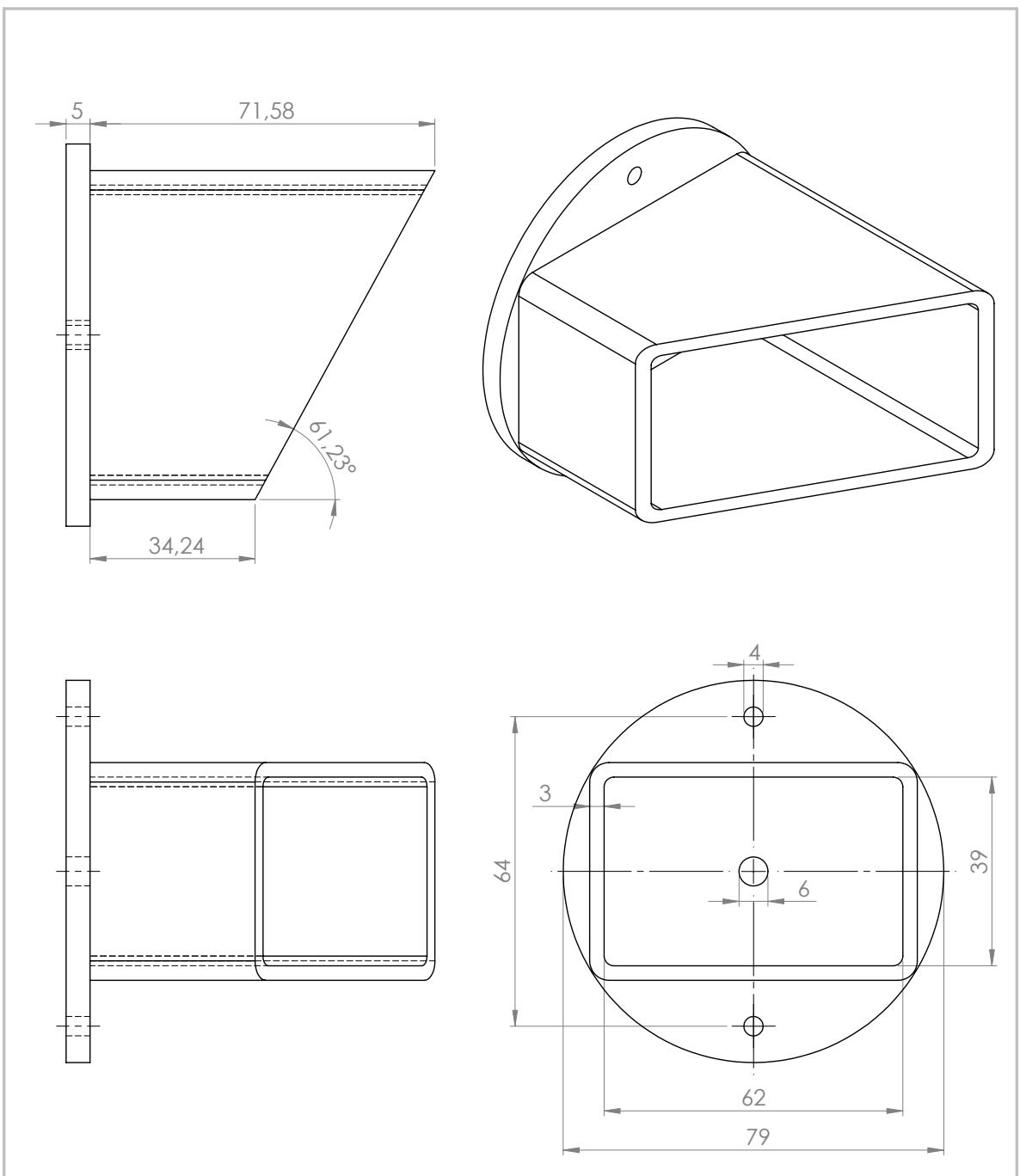
Título: Base do Suporte do Kinect

Qtd: 02

Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x1

APÊNDICE I – Suporte do Kinect



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

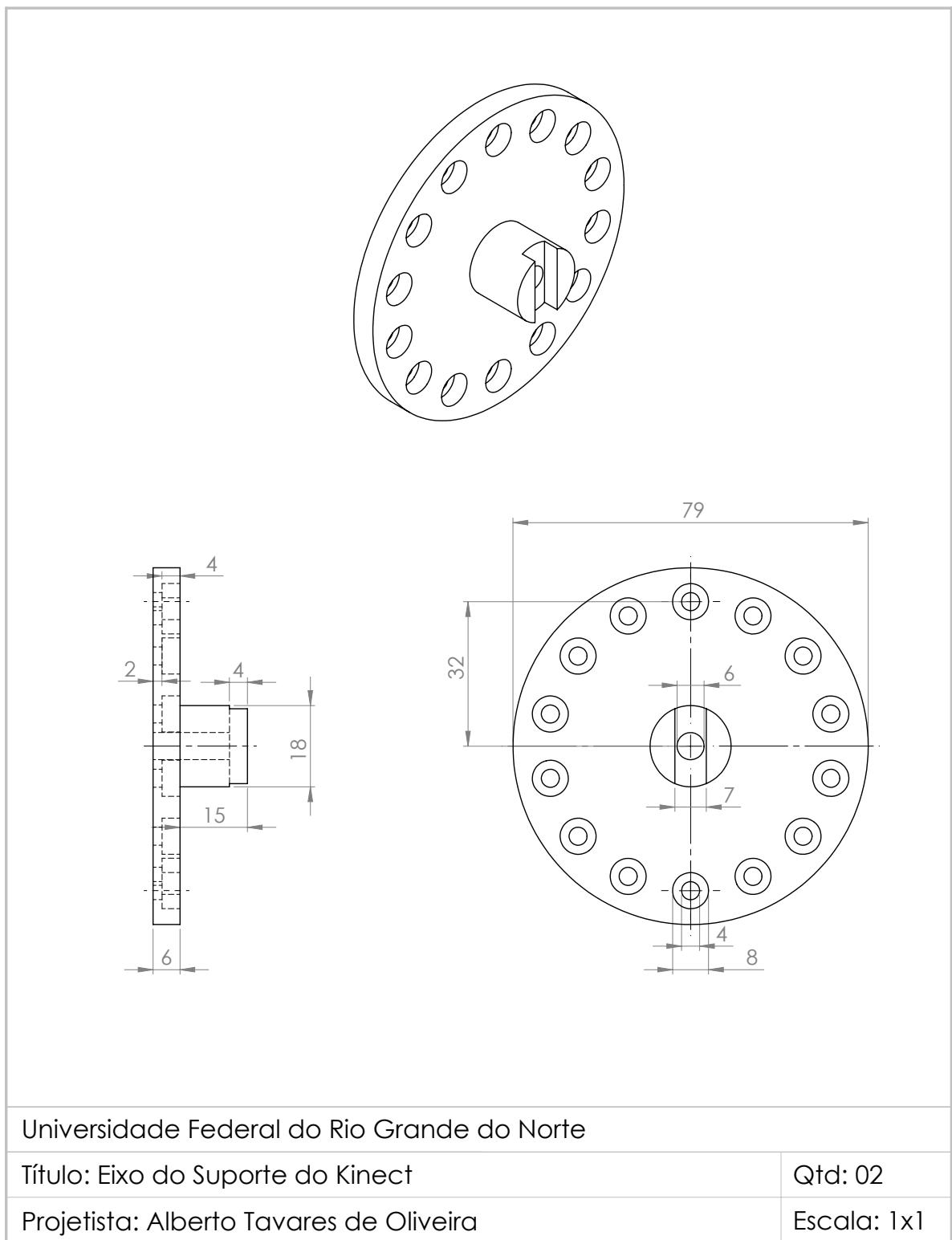
Título: Suporte do Kinect

Qtd: 02

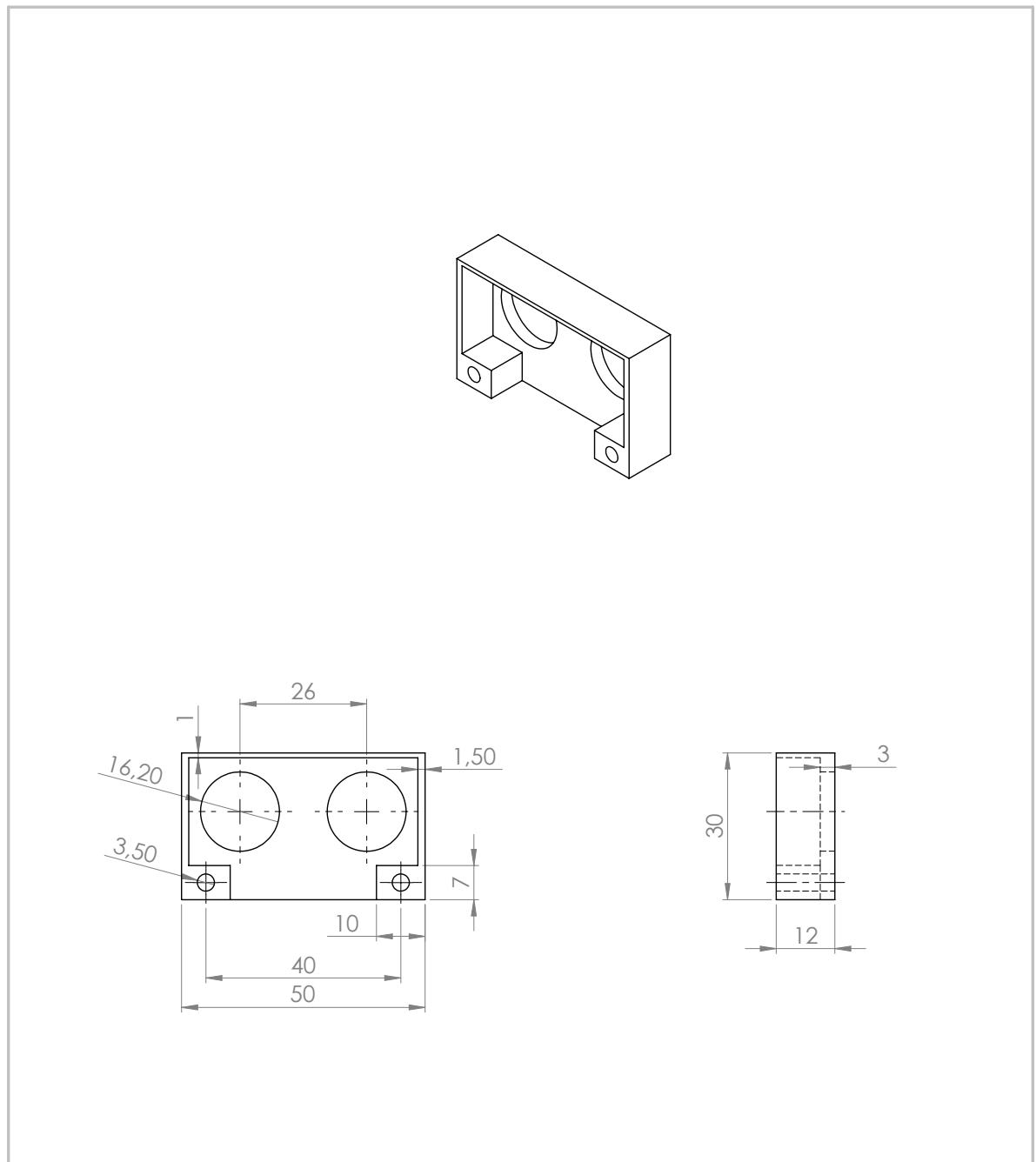
Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x1

APÊNDICE J – Eixo do Suporte do Kinect



APÊNDICE K – Suporte do Sensor Ultrassônico



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

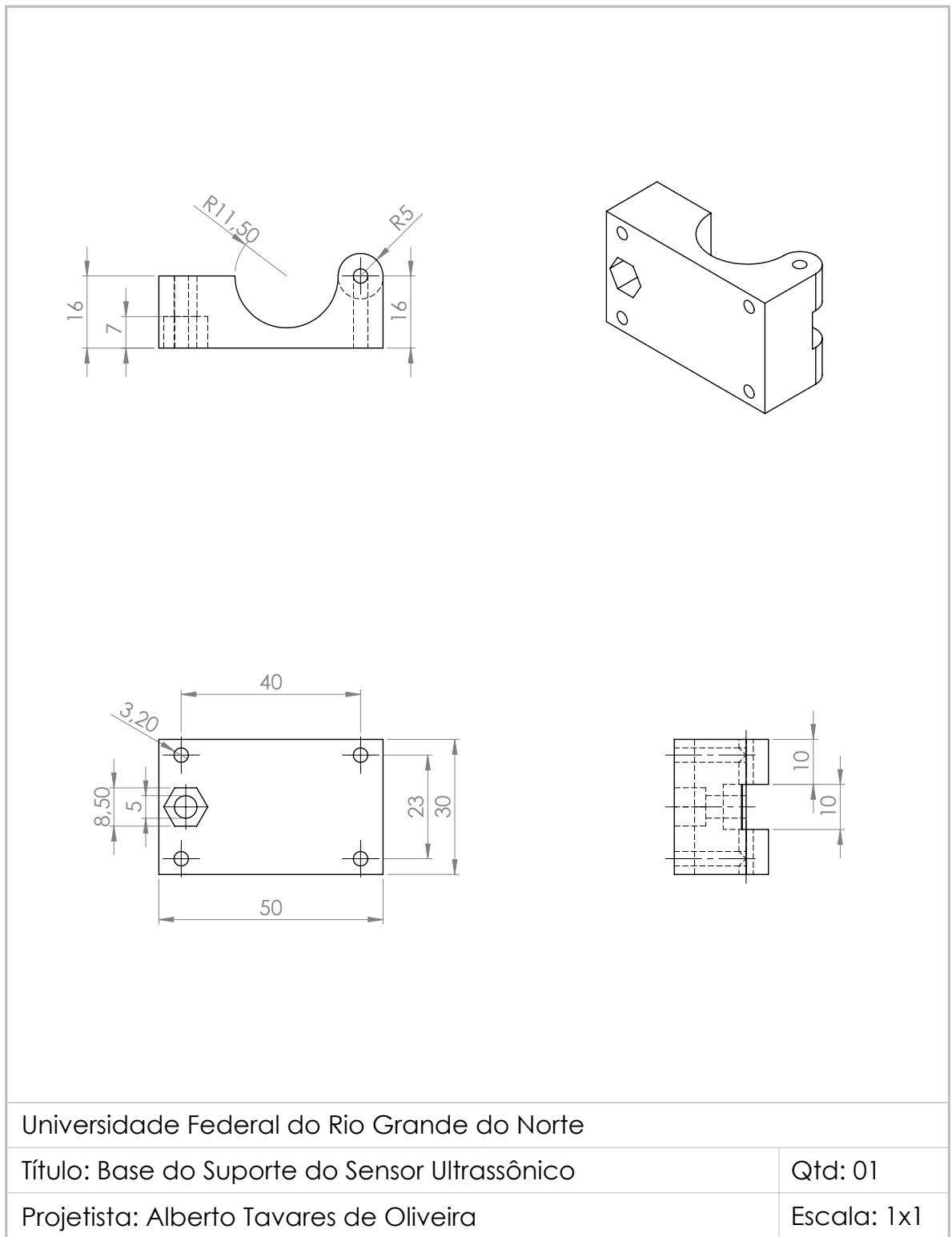
Título: Suporte do Sensor Ultrassônico

Qtd: 01

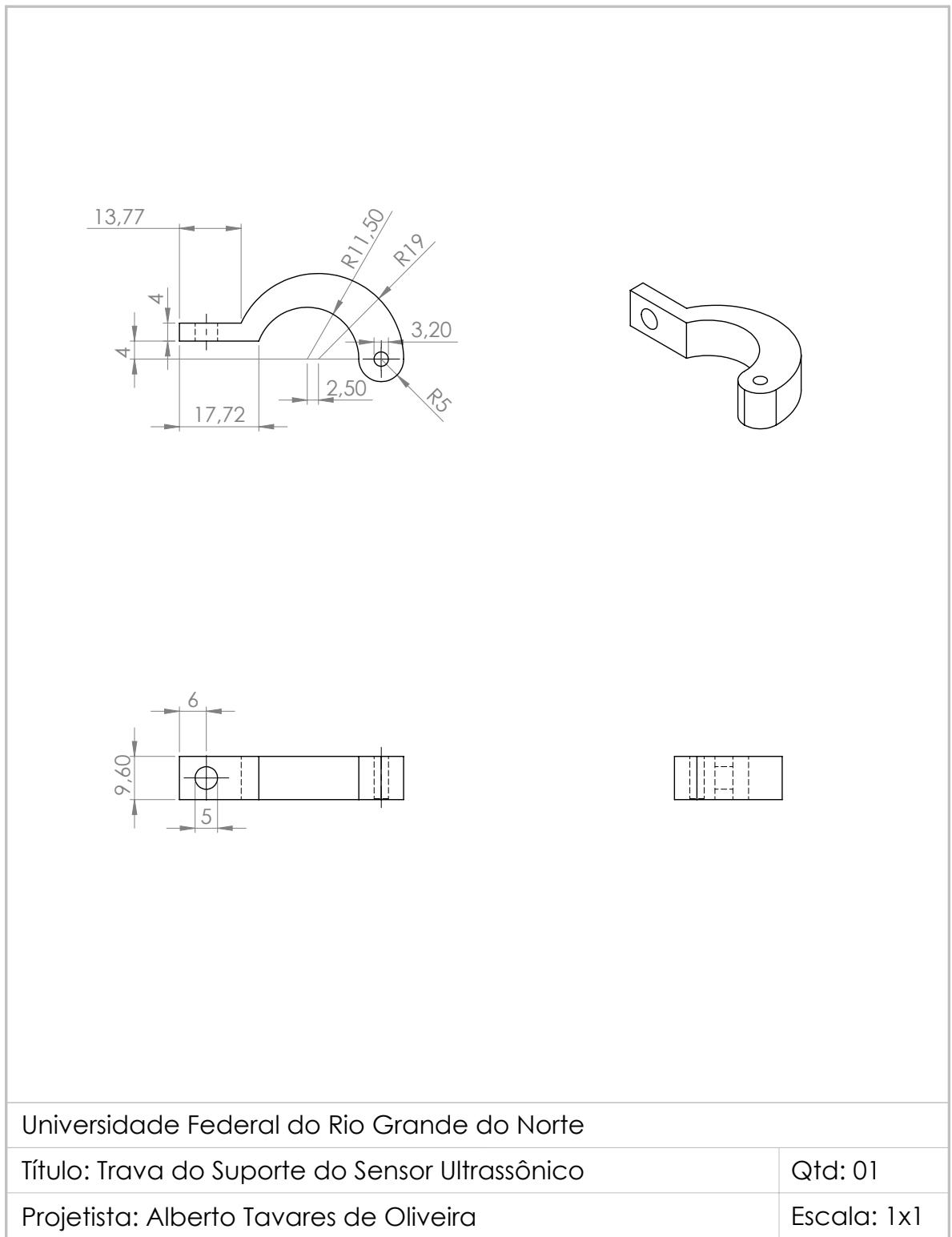
Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x1

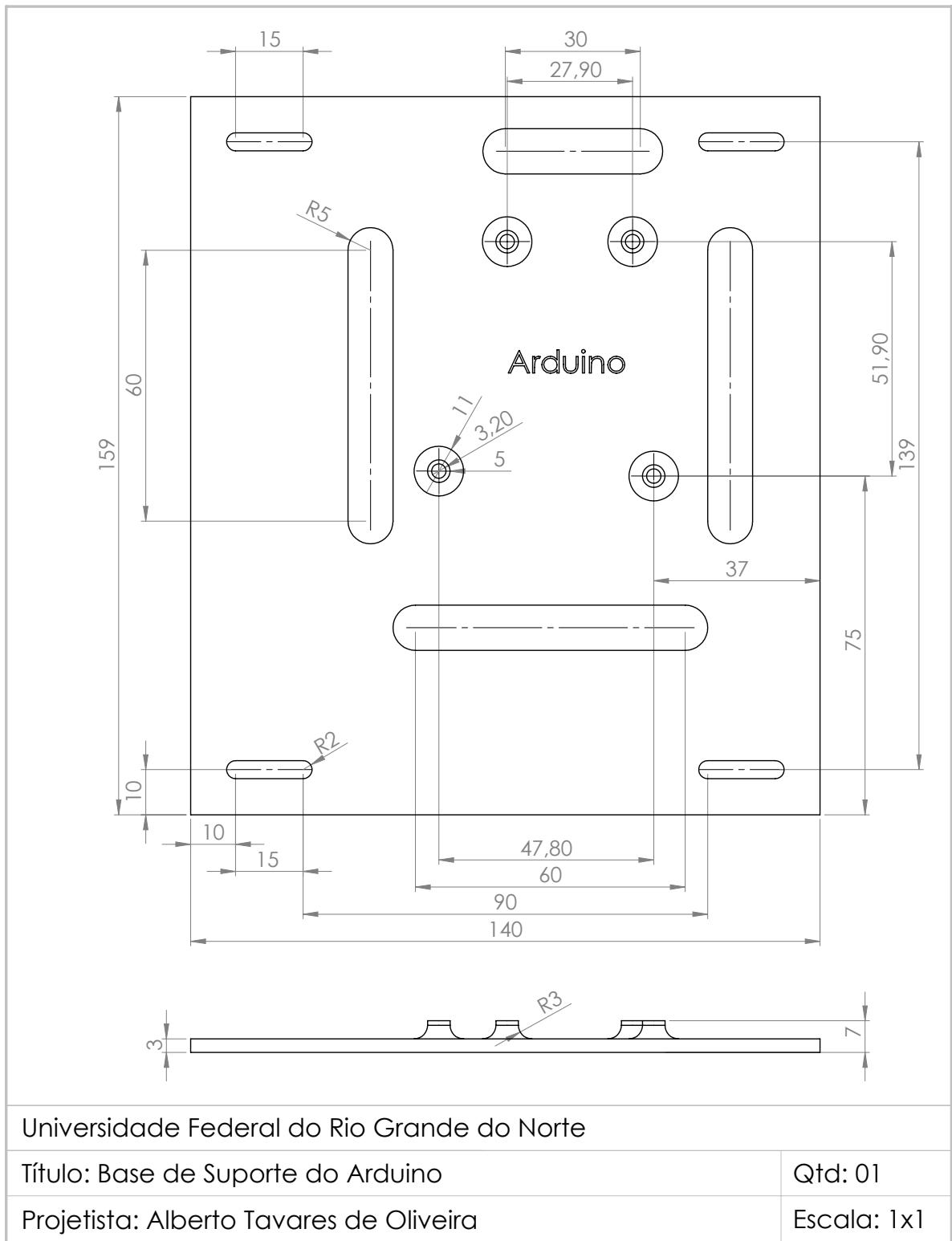
APÊNDICE L – Base do Suporte do Sensor Ultrassônico



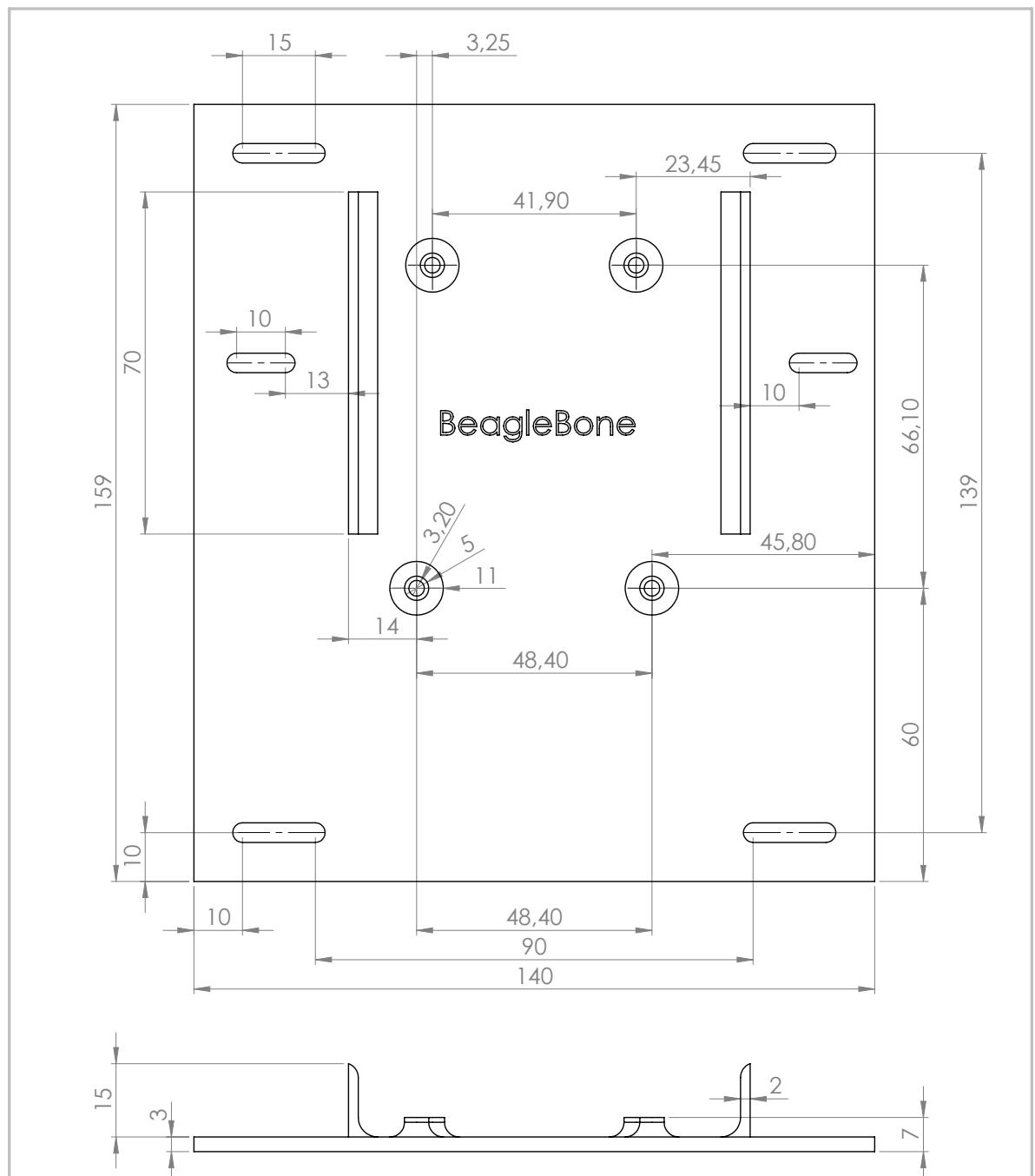
APÊNDICE M – Trava do Suporte do Sensor Ultrassônico



APÊNDICE N – Base de Suporte do Arduino



APÊNDICE O – Base de Suporte da Beaglebone



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

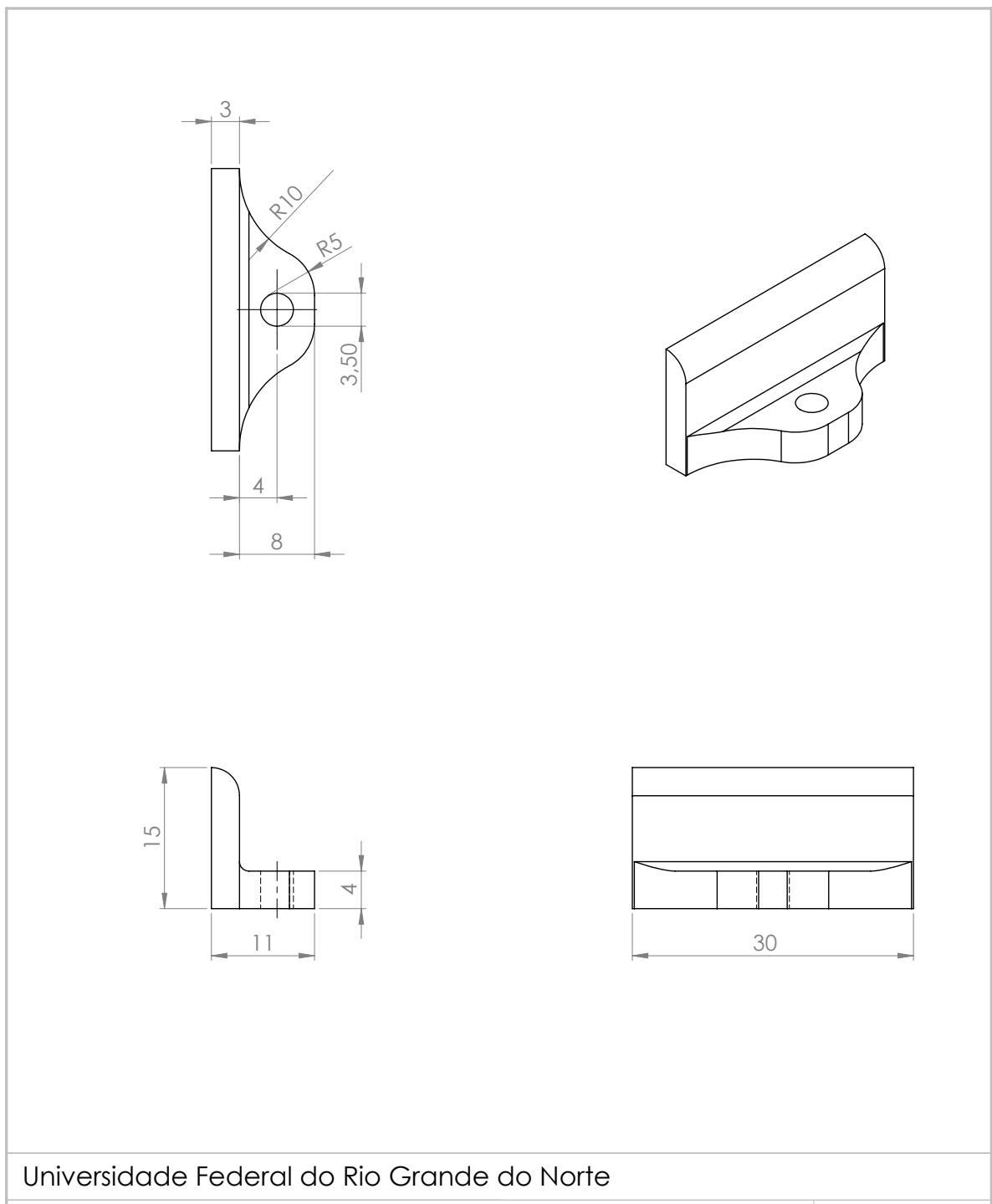
Título: Base de Suporte da Beaglebone

Qtd: 01

Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x1

APÊNDICE P – Trava da Base de Suporte da Beaglebone



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

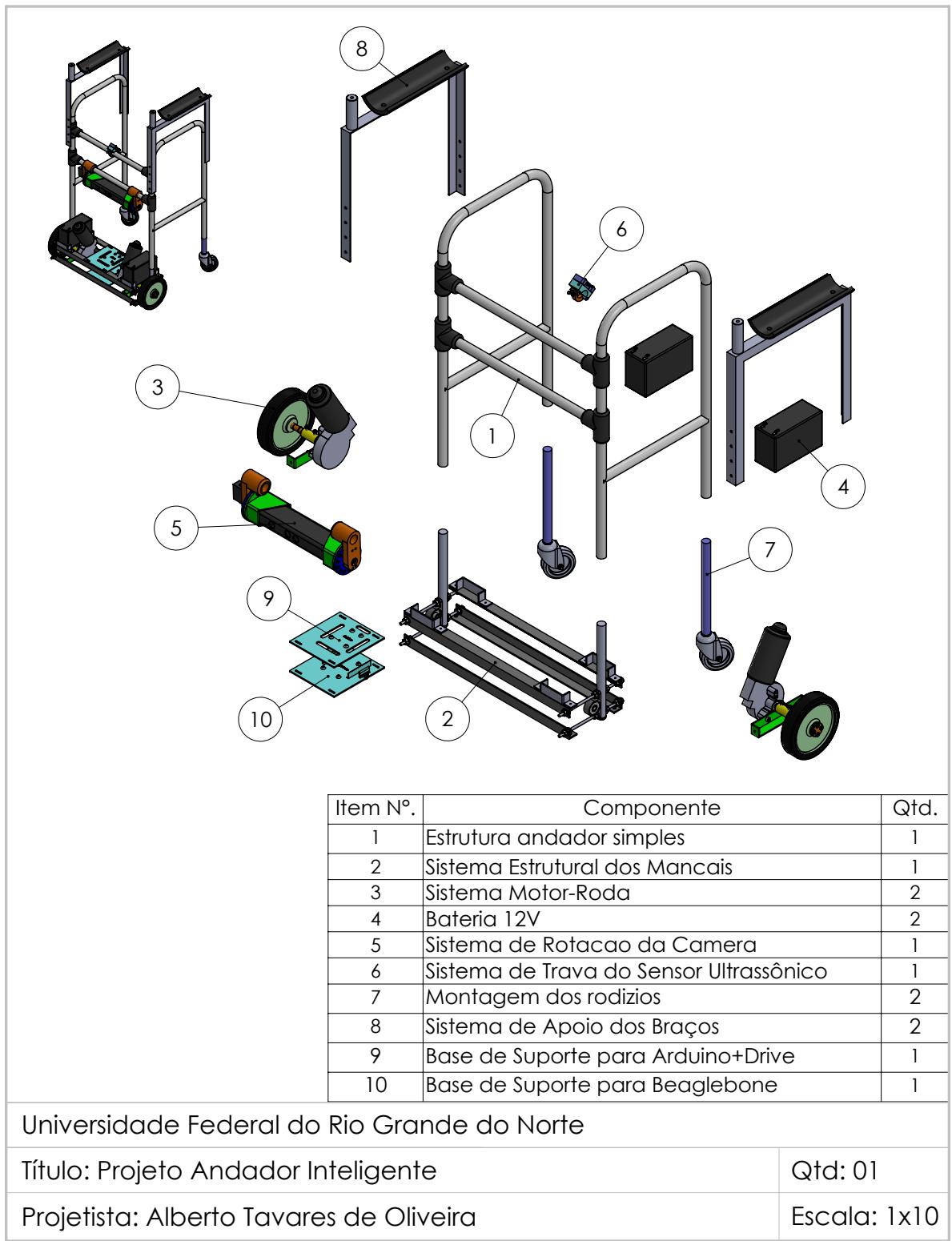
Título: Trava da Base de Suporte da Beaglebone

Qtd: 02

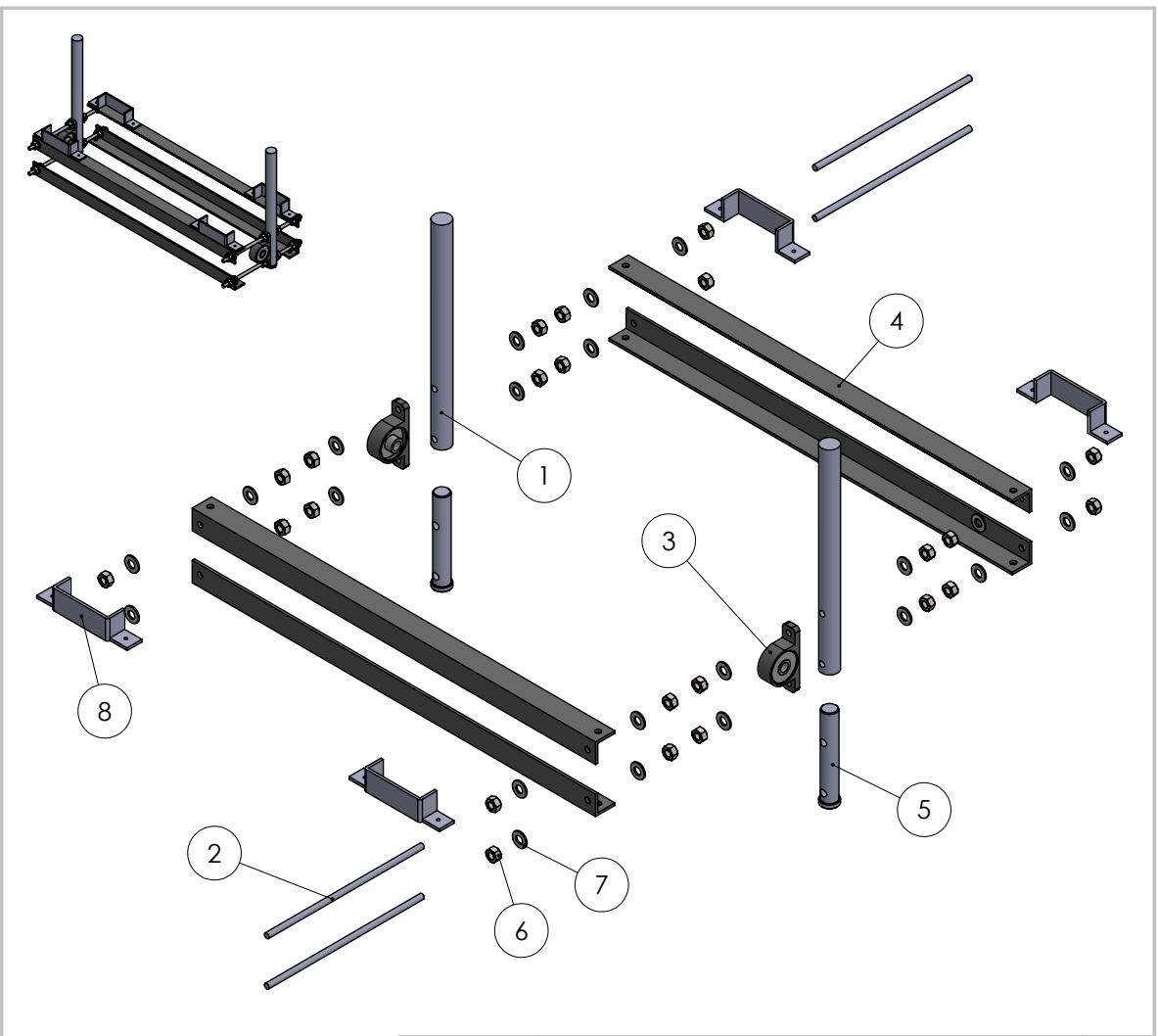
Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 2x1

APÊNDICE Q – Vista explodida do Andador Inteligente



APÊNDICE R – Vista explodida do Sistema Estrutural dos Mancais



Item N°.	Componente	Qtd.
1	Pernas cilíndricas do andador	2
2	Barra rosada 5/16'	4
3	Mancal para eixo de 12mm	2
4	Cantoneira longa	4
5	Cilindro de reforço	2
6	Porca sextavada 5/16'	24
7	Arruela 5/16'	24
8	Cantoneira de suporte da bateria de 12V	4

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

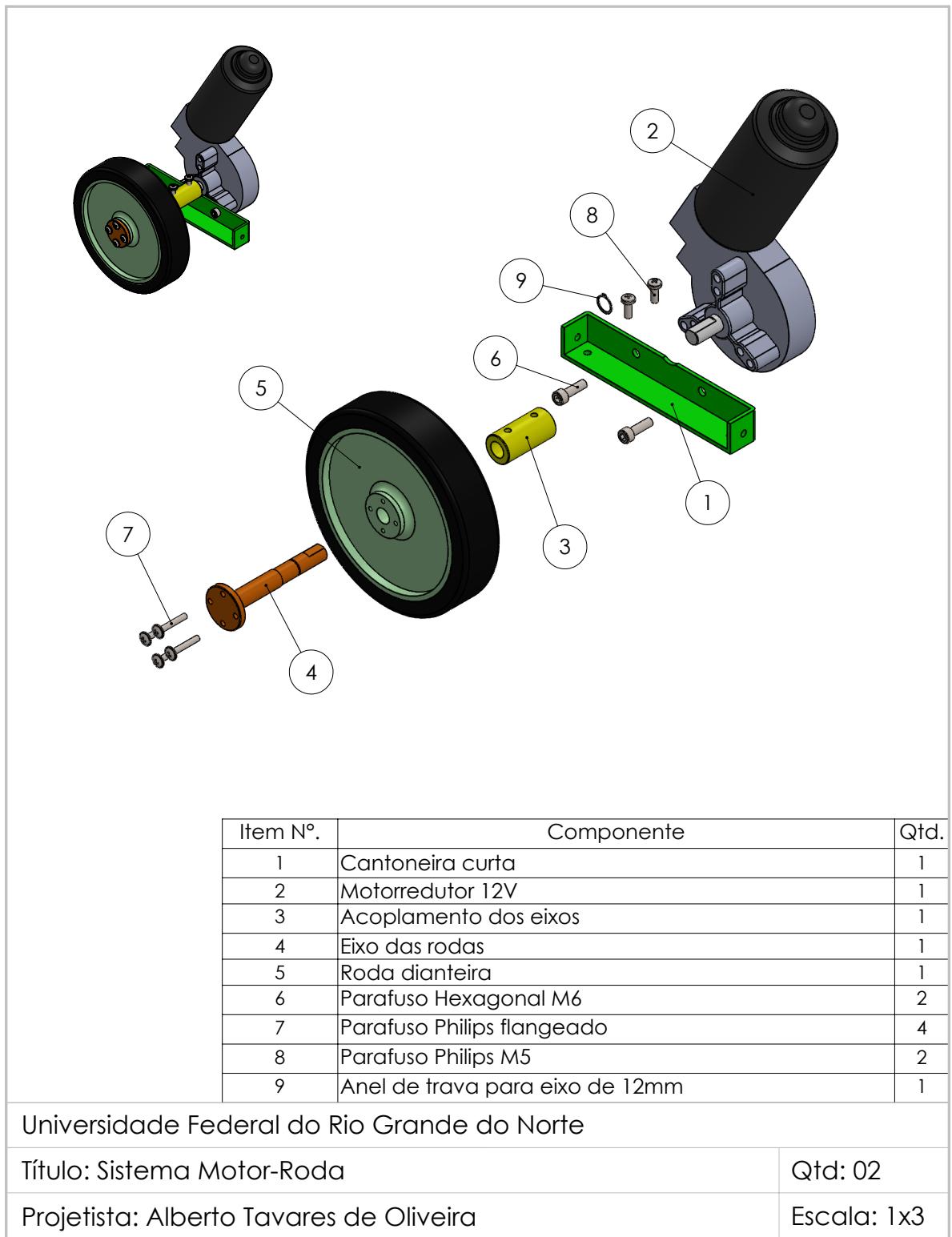
Título: Sistema estrutural dos mancais

Qtd: 01

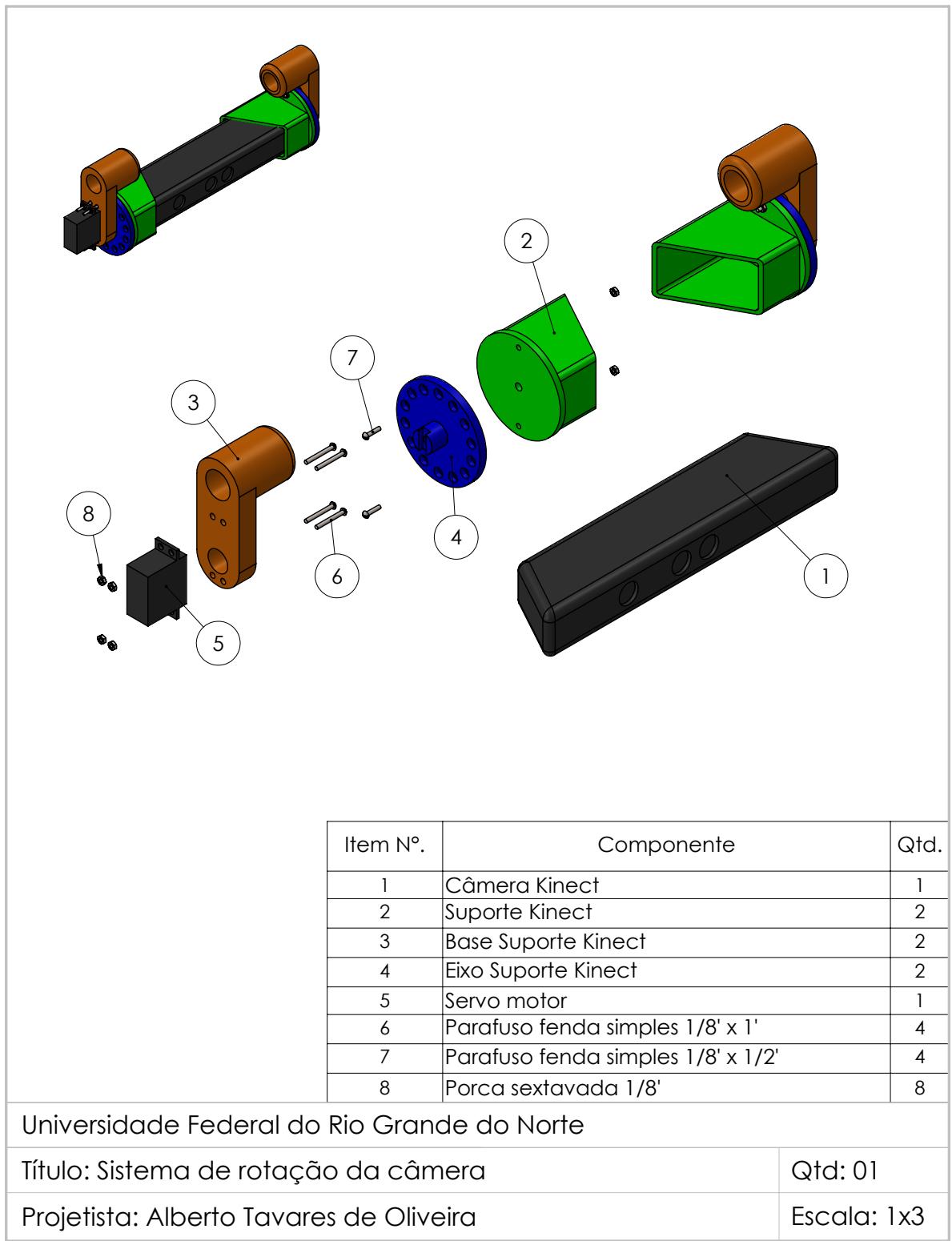
Projetista: Alberto Tavares de Oliveira

Escala: 1x5

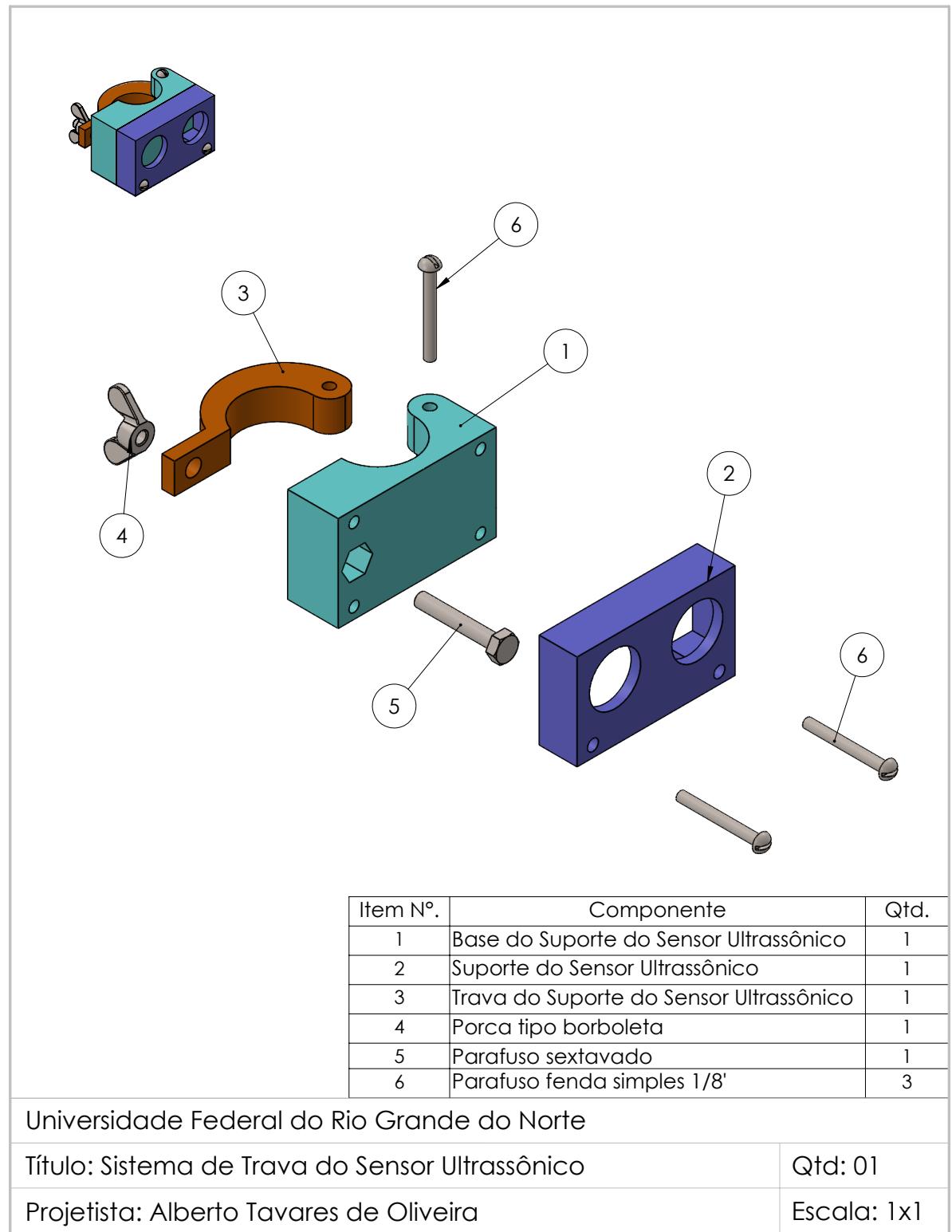
APÊNDICE S – Vista explodida do Sistema Motor-Roda



APÊNDICE T – Vista explodida do Sistema de Rotação da Câmera



APÊNDICE U – Vista explodida do Sistema de Trava do sensor Ultrassônico



ANEXO A – Desenho técnico do motorredutor 12 V

Technical Drawing

Desenho Técnico

100502112 **100502124** **Motorredutor** **Gearmotor** **12V** **d.c.** **24V** **c.c.**

Technical Specification

Especificação Técnica

Imagem Ilustrativa

100502112

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

U_N	13 V	27 V	[V]
P_N	25	xx	[W]
n_N	29	xx	[rpm]
I_N	5,5	xx	[A]
$I_{máx.}$	23	xx	[A]
M_N	8	xx	[Nm]
$M_{máx.}$	49	xx	[Nm]
i	55:1		
Rot.	U/R		
Massa	1,7 kg		[kg]

100502124

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

U_N	27 V	[V]	
P_N	28	xx	[W]
n_N	30	xx	[rpm]
I_N	2,7	xx	[A]
$I_{máx.}$	10,5	xx	[A]
M_N	8	xx	[Nm]
$M_{máx.}$	50	xx	[Nm]
i	55:1		
Rot.	U/R		
Massa	1,7 kg		[kg]

Aplicação: Industrial

F-05

www.imobras.ind.br

REV: 02 Out\17