



**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica**

IGOR SOUZA VAZ

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO REALIZADO
NO INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA ALBERTO
SANTOS DUMONT**

**Paraíba - PB
Junho - 2018**

IGOR SOUZA VAZ

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO REALIZADO NO
INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA ALBERTO SANTOS DUMONT**

**Relatório de Estágio Integrado submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal da Paraíba
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de Engenheiro Eletricista.**

**Paraíba - PB
Junho - 2018**

VAZ, Igor Souza Vaz.

Relatório de Estágio Supervisionado realizado no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont.

43 folhas.

Orientador: Prof. Dr. Waslon Terllizzie Araújo Lopes

Universidade Federal da Paraíba, 2018

1. Caixa Comportamental. 2. Labirinto em T. 3. Neuroengenharia

IGOR SOUZA VAZ

Relatório de Estágio Supervisionado Realizado no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Aprovado por:

Prof. Dr. Waslon Terllizzie Araújo Lopes (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Alexsandro José Virgínio dos Santos (Avaliador)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Carlos Alberto de Souza Filho (Avaliador)
Universidade Federal da Paraíba

Paraíba – PB
Junho – 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que me deram apoio e incentivo nas horas difíceis. Sou grato também aos meus amigos, que não me deixaram ser vencido pelo cansaço. Obrigado especialmente para Felipe Alves, por ter me convidado a participar de sua pesquisa e me receber em sua casa nos dias que precisei ficar em Natal. Agradeço a minha namorada Thereza, que me estimulou durante todo o tempo e compreendeu minha ausência nos dias longe. Meus agradecimentos aos meus irmãos, que contribuíram de forma financeira para que eu pudesse me deslocar para Macaíba, local do meu estágio não remunerado.

Sou eternamente grato ao professor André Salles, pela oportunidade e pela orientação desse trabalho. Também sou grato a professora Thaís Gaudêncio, que me providenciou carona para Macaíba, e ao professor José Maurício, que me deu boas dicas para uma das tarefas realizadas.

Agradeço, profundamente, a Felipe e Marcio, meus grandes amigos, por terem me acompanhado em algumas das vezes que me desloquei para Macaíba, tornando a viagem menos desgastante.

Agradeço, por fim, a todas as pessoas que, mesmo de maneira indireta, estiveram presentes na minha vida durante esse tempo e torceram pelo meu sucesso. A todos, o meu muito obrigado!

IDENTIFICAÇÃO

EMPRESA:

Nome: Instituto De Ensino E Pesquisa Alberto Santos Dumont.

Endereço: Rodovia BR 230, quilômetro 25.

Distrito: Jundiaí

Cidade/Estado: Macaíba/Rio Grande do Norte

CEP: 59280-000

ESTÁGIO:

Área da Instituição: Neurociências e Neuroengenharia.

Data de Início: 19/01/2018

Data de Término: 19/05/2018

Carga Horária Semanal: 13 horas

Carga Horária Total: 200 horas

Supervisor de Estágio: André Salles Cunha Peres

RESUMO

Este relatório descreve as principais atividades de estágio desempenhadas por Igor Souza Vaz, aluno da graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). O estágio foi realizado no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont, no período de 19/01/2018 a 19/05/2018, mais especificamente na unidade do instituto internacional de neurociências. Esse setor desenvolve, desde 2006, atividades de ensino, pesquisa e extensão em Macaíba (RN), com o intuito de formar e capacitar profissionais na pesquisa em neurociências e neuroengenharia. As principais atribuições designadas ao estagiário foram o projeto de uma caixa comportamental para ratos, além do desenvolvimento de sistemas eletromecânicos para automação dessas caixas. Para a realização dessas atividades, foram utilizados *softwares* como SketchUp, Arduino IDE e recursos do *Microsoft Office*.

Palavras-Chaves: Caixa comportamental. Labirinto em T. Neuroengenharia.

ABSTRACT

This report describes the main internship activities performed by Igor Souza Vaz, an undergraduate student in Electrical Engineering at the Federal University of Paraíba (UFPB). The internship was held at the Alberto Santos Dumont Institute of Education and Research, from 01/19/2018 to 19/05/2018, more specifically at the unit of the international institute of neurosciences. Since 2006, this sector has been developing teaching, research and extension activities in Macaíba (RN), its objectives are to train and capacitate professionals in neuroscience and neural engineering research. The main tasks assigned to the trainee were the design of a rat behavioral box, as well as the development of electromechanical systems for the automation of these boxes. In order to carry out these activities, we used software such as SketchUp, Arduino IDE, and the features of Microsoft Office.

Keywords: Behavioral box. T-Maze. Neuroengineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Prédio onde o IIN-ELS deu início a suas atividades, em Natal (RN).....	2
Figura 2 - Fachada do CEPS no dia de sua inauguração.	2
Figura 3 - Fachada do Campus do Cérebro.	3
Figura 4 - Servo motor SM-S4306R.	7
Figura 5 - Motor de passo 2BBYJ-48 com driver de controle ULN2003.	7
Figura 6 - Micro Servo 9g.	8
Figura 7 - Buzzer Passivo Ativo 5V.....	8
Figura 8 - IR Break Beam-3mm LED.	8
Figura 9 - Arduino Mega R3.	9
Figura 10 - Labirinto em T.	10
Figura 11 - Exemplo de tarefa em um T-Maze.	11
Figura 12 - Dimensões do Labirinto em T projetado.	12
Figura 13 - Resultado da estrutura em acrílico.....	13
Figura 14 - Bomba de seringa St670.	13
Figura 15 - Bomba de seringa projetada.....	14
Figura 16 - Conexão dos elementos móveis da bomba.	14
Figura 17 - Partes da bomba de seringa a serem impressas em 3D.....	15
Figura 18 - 2 tipos de Nose-Poke projetados.....	16
Figura 19 - Visão interna do maior Nose-Poke.	16
Figura 20 - Nose-Poke com escotilha.....	17
Figura 21 - Vista lateral direita.....	17
Figura 22 - Vista lateral esquerda posterior.....	18
Figura 23 - Vista superior com portas removíveis em destaque.....	19
Figura 24 - Configuração do labirinto para experimento 1.	20
Figura 25 - Configuração do labirinto para experimento 2.	20
Figura 26 - Configuração do labirinto para experimento 3.	21
Figura 27 - Cirurgia estereotáxica	22
Figura 28 - Medição do <i>Microdrive</i>	22
Figura 29 - Desenho do <i>Microdrive</i> no SketchUp.....	23
Figura 30 - <i>Microdrives</i> impressos em 3D.	23
Figura 31 - Trilho da caixa de referência.	24

Figura 32 - Medição do trilho com paquímetro.....	24
Figura 33 - Desenho do trilho no SketchUp.....	25
Figura 34 - Sistema para abertura de portas.	26
Figura 35 - Configuração com barras laterais distantes.	27
Figura 36 - Configuração com barras laterais próximas.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	O Instituto	1
1.1.1	História do ISD	1
1.1.2	Ensino	3
1.1.3	Pesquisa	4
1.2	Objetivos do Estágio	5
1.2.1	Objetivos Gerais	5
1.2.2	Objetivos Específicos	5
1.3	Organização do Texto	6
2	MATERIAL UTILIZADO	7
2.1	Softwares utilizados	7
2.2	Hardwares Utilizados	7
2.2.1	Atuadores	7
2.2.2	Sensores	8
2.2.3	Controlador	8
3	ATIVIDADES REALIZADAS	10
3.1	Desenvolvimento de um Labirinto em T	10
3.1.1	Estrutura em acrílico do labirinto	12
3.1.2	Sistema de Recompensas	13
3.1.3	Lógica de funcionamento do labirinto	19
3.2	Desenvolvimento de <i>Microdrive</i> para deslocamento de implantes cerebrais	21
3.3	Trilho para abertura de portas	23
3.4	Sistema para abertura de portas e programação de experimento	25
4	CONCLUSÃO	28
5	REFERÊNCIAS	29
	ANEXO A	31

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Santos Dumont (ISD), reconhecido como Organização Social (OS) desde 2014, atua na região Nordeste do Brasil, por meio de recursos do Ministério da Educação (MEC), nas áreas de educação, saúde materno-infantil, reabilitação, neurociências e neuroengenharia. O instituto tem como missão proporcionar conhecimento para a vida, formando cidadãos por meio da integração entre ensino, pesquisa e extensão, contribuindo para que a realidade social brasileira se torne mais justa e humana.

1.1 O Instituto

É importante que se conheça um pouco sobre a empresa em que as atividades de estágio foram desempenhadas. Conhecer a história e os objetivos da empresa ajudará a compreender melhor o desenvolvimento das atividades realizadas.

O Instituto Alberto Dumont de Ensino e Pesquisa foi fundado inspirado na figura inovadora de Santos Dumont. Seu modo de gestão permite colaborações entre setores público e privado, permitindo que a empresa, que não possui fins lucrativos, receba recursos do Estado para realizar serviços de interesse público. Suas atividades são desenvolvidas por um contrato de gestão firmado com o MEC, e promovem assimilação entre docência, pesquisa e extensão.

1.1.1 História do ISD

O Instituto Santos Dumont tem unidades operando há mais de uma década no Nordeste, com o auxílio do Instituto com a Associação Alberto Santos Dumont para Apoio à Pesquisa (AASDAP), que foi a gestora desses espaços em seus anos iniciais de atividade.

O Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS), foi a primeira unidade que entrou em operação em 2006, visto na Figura 1; quando ainda era chamado de Instituto Internacional de Neurociências de Natal. Foi notável por ser um avançado centro de pesquisa em neurociências no Brasil, devido os estudos eletrofisiológicos com matrizes de microeletrodos implantados no sistema nervoso, que eram raros, especialmente por serem combinados com abordagens histológicas e imunohistoquímica.

Figura 1 - Prédio onde o IIN-ELS deu início a suas atividades, em Natal (RN).



Fonte: (ISD, 2018)

Em 2013, o IIN-ELS ofereceu o primeiro programa de pós-graduação em neuroengenharia no Brasil, no campo da engenharia biomédica, aprovado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Este é o campo que integra técnicas de engenharia e neurociências afim de compreender o funcionamento do sistema nervoso e desenvolver interfaces entre o cérebro humano e dispositivos eletrônicos.

Atualmente o IIN-ELS funciona em Macaíba (Figura 2), desde que saiu do bairro da Candelária, em 2014.

Figura 2 - Fachada do CEPS no dia de sua inauguração.



Fonte: (ISD, 2018)

Em 26 de março de 2018, o Instituto Santos Dumont (ISD) iniciou a transferência de instalações do Instituto Internacional de Neurociência Edmond e Lily Safra (IIN-ELS) e do

Centro de Administração da ISD para o Campus do Cérebro em Macaíba (RN). A construção do centro de pesquisa com quatro andares e área construída de 15.000 m² será construída gradualmente (Figura 3). Inicialmente, estão entre os laboratórios implantados os de: eletrofisiologia; neuroreabilitação; neurobiologia; neuroengenharia; neurociência computacional; interface homem-máquina; microscopia convencional; neurocirurgia; entre outros.

Figura 3 - Fachada do Campus do Cérebro.



Fonte: (ISD, 2018)

1.1.2 Ensino

O Programa de Pós-graduação (PPG) do Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS) envolve simulações de redes neurais em máquinas com quatro mil núcleos de processamento; produz matrizes de 128 eletrodos com espessuras menores que um fio de cabelo; constrói imagens tridimensionais de células do sistema nervoso e trabalha com interfaces cérebro-máquinas para reabilitação de pessoas com lesões medulares.

O primeiro curso de Mestrado em Neuroengenharia do Brasil é promovido pelo instituto, desde 2013. Recomendado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 33280010001P2), o curso busca desenvolver pesquisas científicas avançadas em Neuroengenharia, formando profissionais capacitados que consigam atuar em Neuroengenharia, no domínio da pesquisa científica e de órgãos tecnológicos públicos ou privados. Fomentando a ciência como agente de estímulo cultural e de integração com comunidades regionais, e difundindo novos conhecimentos em contexto regional, nacional e internacional.

O Programa anseia formar profissionais capacitados, que consigam articular as neurociências com a engenharia nos meios de carreira a qual ele escolher. Esse futuro

pesquisador deve ser competente nos planos científico, político, ético e social, além de desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe.

A neuroengenharia é o tema central do curso, é uma área de pesquisa interdisciplinar que integra métodos de neurociências e de engenharia para estudar o funcionamento do sistema nervoso e desenvolvendo soluções para as limitações e disfunções desse sistema.

O programa de mestrado do IIN-ELS é gratuito, tem duração de dois anos, se enquadrando em Engenharia Biomédica como área de concentração. Sua estrutura foi idealizada para agregar as graduações em exatas, biológicas e humanas.

1.1.3 Pesquisa

O IIN-ELS, junto com o curso de Mestrado em Neuroengenharia, desenvolve pesquisas de duas áreas principais: Interface Cérebro-máquina (ICM) e Neuromodulação.

Interface-cérebro máquina (ICM): A pesquisa nesse campo estabelece uma comunicação direta entre o tecido nervoso e artefatos robóticos através do uso de sinais neurofisiológicos e microestimulação cerebral. Na última década, a ICM tornou-se rapidamente uma das áreas de pesquisa científica que mais crescem no mundo. Foram realizadas demonstrações de seu potencial terapêutico para uma variedade de doenças neurológicas, como paralisia, epilepsia, doença de Parkinson, acidente vascular cerebral e depressão. Essas demonstrações indicam que o aprofundamento da pesquisa sobre ICM poderá em breve levar ao surgimento de uma nova geração de dispositivos neuroprostéticos capazes de restaurar uma variedade de funções neurológicas em pacientes severamente limitados por sua deficiência.

As aplicações de longo prazo do ICM são numerosas e vão muito além da medicina, uma vez que o controle cerebral direto de computadores e dispositivos eletrônicos pode se tornar possível no futuro. Por essa razão, várias nações desenvolvidas estabeleceram recentemente seus programas nacionais de pesquisa na área.

Neuromodulação: A neuromodulação é uma tecnologia que age diretamente sobre os nervos. É a alteração - ou modulação - da atividade do nervo através da entrega de agentes elétricos ou farmacêuticos diretamente a uma área alvo.

Os dispositivos e tratamentos de neuromodulação estão salvando vidas. Eles afetam todas as áreas do corpo e tratam quase todas as doenças ou sintomas de dores de cabeça, tremores e danos na medula espinhal à incontinência urinária. Com um escopo terapêutico tão amplo e significativas melhorias contínuas em biotecnologia, não é surpreendente que a neuromodulação esteja posicionada como uma das principais indústrias de crescimento para a próxima década.

Mais frequentemente, as pessoas pensam em neuromodulação no contexto do alívio da dor crônica, a indicação mais comum. No entanto, há uma infinidade de aplicações de neuromodulação, como o tratamento de estimulação cerebral profunda para doença de Parkinson, estimulação do nervo sacral para distúrbios pélvicos e incontinência, e estimulação da medula espinhal para distúrbios isquêmicos (angina, doença vascular periférica).

Além disso, os dispositivos de neuromodulação podem estimular uma resposta onde antes não havia nenhum, como no caso de um implante coclear restaurando a audição em um paciente surdo.

1.2 Objetivos do Estágio

Antes de fundamentar os conhecimentos e de dissertar sobre as atividades desenvolvidas, é importante que se defina os objetivos do estágio realizado. Tal definição é necessária para que, ao final da experiência de estágio, possa haver uma reflexão sobre o alcance dos objetivos atingidos.

1.2.1 Objetivos Gerais

Desenvolver uma caixa comportamental, que será ferramenta de pesquisa para diversos trabalhos dentro do instituto, e auxiliar alunos da pós-graduação no desenvolvimento de sistemas eletromecânicos responsáveis pela automação destas caixas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, pode-se destacar os seguintes pontos:

- Projeto de uma caixa comportamento do tipo labirinto em T;
- Desenvolvimento de um sistema mecânico para abertura de portas utilizando servo motores e trilhos com rolamentos;
- Desenvolvimento de uma bomba de seringa, para entregar água aos roedores durante os experimentos de forma controlada;
- Desenvolvimento de um Nose-Poke: Peça composta por um orifício onde o roedor insere a cabeça para beber água, ou realizar alguma etapa de uma tarefa, e com isso bloqueia um feixe de luz infravermelho vindo de um sensor interno a peça, causando uma mudança no valor do sensor;
- Desenvolvimento de um *microdrive*: Peça que ficará acoplada no crânio do roedor após uma cirurgia estereotáxica.

1.3 Organização do Texto

O texto foi organizado de maneira a facilitar a leitura e o acompanhamento de todas as etapas do processo de estágio. Ele encontra-se com a seguinte organização: o Capítulo 2 apresenta o material e métodos utilizados no desenvolvimento dos projetos. No Capítulo 3 encontram-se as principais atividades realizadas pelo autor deste trabalho; o Capítulo 4, por sua vez, expõe as conclusões deste processo de aprendizado; e o Capítulo 5, por fim, apresenta as referências bibliográficas consultadas.

2 MATERIAL UTILIZADO

Nesta seção estão descritos o material utilizado, assim os softwares utilizados no desenvolvimento dos projetos.

2.1 Softwares utilizados

- Para o projeto da caixa comportamental e dos outros componentes mencionados na seção 1.2.2, foi utilizado o *software* SketchUp, desenvolvido pela Trimble Inc.
- Para a programação e controle dos atuadores e sensores das caixas comportamentais foi utilizado o *software* Arduino IDE
- Para elaboração de documentos de especificações da caixa, foi utilizado o Microsoft Word

2.2 Hardwares Utilizados

2.2.1 Atuadores

Os atuadores utilizados foram motores de passo 2BBYJ-48 apresentado na Figura 4 em conjunto com uma placa com o CI ULN2003, e servo motores (SM-S4306R e Micro Servo 9g SG90), apresentados nas Figuras 5 e 6 respectivamente. Para emitir sinais sonoros foi utilizado um Buzzer Passivo Ativo, apresentado na Figura 7.

Figura 4 - Servo motor SM-S4306R.



Fonte: (BAUDAELETRONICA,2018).

Figura 5 - Motor de passo 2BBYJ-48 com driver de controle ULN2003.



Fonte: (BAUDAELETRONICA,2018).

Figura 6 - Micro Servo 9g.



Fonte: (MERCADOLIVRE, 2018).

Figura 7 - Buzzer Passivo Ativo 5V.



Fonte: (BAUDAELETRONICA,2018).

2.2.2 Sensores

Para detectar a inserção da cabeça do roedor na peça Nose-Poke (descrita na seção 3.1.2), foi utilizado um sensor infravermelho Break Beam, ilustrado na Figura 8, que ao ter a trajetória da luz infravermelha entre o emissor e receptor, obstruída, resulta numa mudança de estado no valor de saída do sensor (0V para 5V),.

Figura 8 - IR Break Beam-3mm LED.



Fonte: (ADAFRUIT, 2018).

2.2.3 Controlador

Para controle e integração dos sensores com os atuadores foi utilizada a placa Arduino Mega R3, ilustrado na Figura 9, devido a disponibilidade no instituto, porém para a aplicação, poderia ter sido usado outro micro controlador com um número menor de portas.

Figura 9 - Arduino Mega R3.



Fonte: (ELETRODEX, 2018).

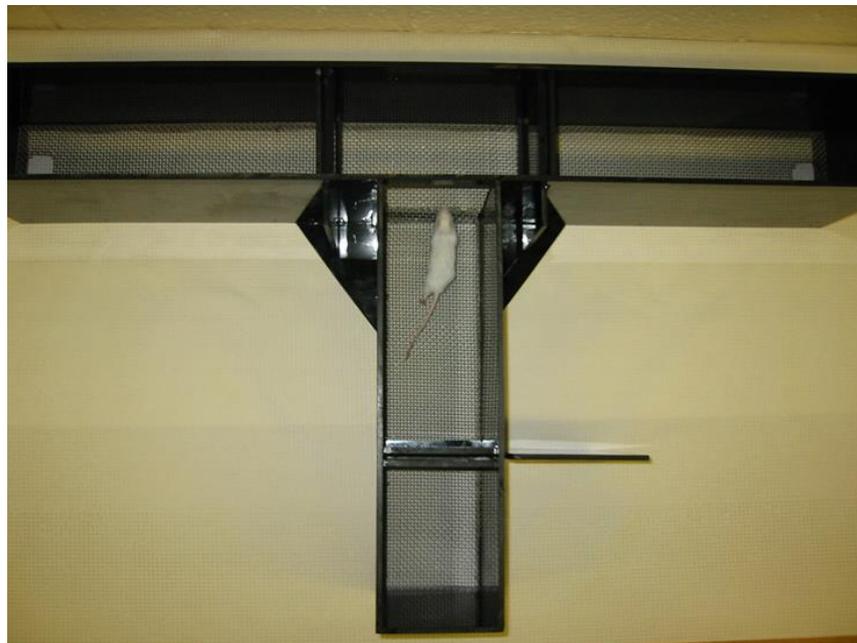
3 ATIVIDADES REALIZADAS

Descritas nesta seção, estão as atividades mais importantes realizadas pelo estagiário, sendo a principal o projeto de um labirinto em T, onde a estrutura de acrílico foi montada, mas até a presente data deste relatório, os restantes dos componentes ainda não ficaram prontos no processo de impressão 3D, assim como outros componentes das outras atividades também não ficaram, exceto pelo *Microdrive*, que foi possível fabricar a tempo, mas apesar disto, a lógica de programação para o funcionamento do labirinto já foi desenvolvida (código em anexo).

3.1 Desenvolvimento de um Labirinto em T

Labirintos em T, como o apresentado na Figura 10, são amplamente utilizados em experimentos comportamentais com roedores, devido à sua simplicidade e ótimo retorno de resultados.

Figura 10 - Labirinto em T.

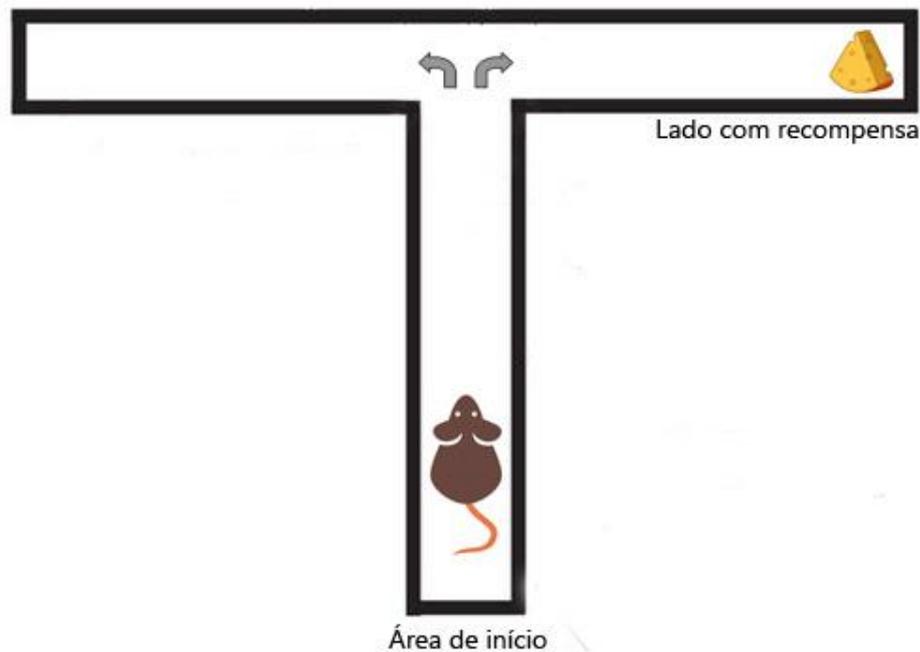


Fonte: (CIDD,2018).

Na ciência comportamental, um labirinto em T (T-Maze) é um simples labirinto usado em experimentos de cognição animal (Olton, 1979). Tem a forma da letra T, fornecendo ao sujeito, tipicamente um roedor, uma escolha direta. Os labirintos em T são usados para estudar como funcionam a memória e o aprendizado espacial dos roedores através da aplicação de

vários estímulos. Existem vários labirintos de diferentes tamanhos e formas (O'keefe e Dostrovsky, 1971), sendo o labirinto em T, um dos mais simples, consistindo de apenas duas ramificações - direita ou esquerda. O labirinto só pode ser alterado bloqueando um dos dois caminhos. A ideia por trás do experimento é colocar o rato inicialmente na base do labirinto. Ao colocar uma recompensa, que pode ser algum tipo de comida, água ou algum odor, em um braço ou nos dois braços do labirinto, o rato deve escolher qual caminho seguir, como visto na Figura 11.

Figura 11 - Exemplo de tarefa em um T-Maze.



Fonte: Autoria própria.

A decisão tomada pelo rato pode ser uma causa de preferência natural característica do mesmo. Um estudo de alternância pode ser realizado repetindo o experimento várias vezes sem recompensa em qualquer braço do labirinto. Outro experimento que pode ser realizado é a alternância de recompensas cada vez que o experimento é realizado, provando que o rato escolherá o braço que não foi visitado toda vez que o experimento começar.

Labirintos em T podem ser encontrados comercialmente com altos valores na faixa de R\$ 5.000. Tendo em vista essa problemática, foi desenvolvido um Labirinto em T, a um custo mais acessível com valores vistos na Tabela 1, utilizando o software de desenho SketchUp em conjunto com o microcontrolador Arduino e o software para sua programação Arduino IDE.

Figura 13 - Resultado da estrutura em acrílico.



Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Sistema de Recompensas

Bomba de seringa

A recompensa escolhida para este T-Maze foi pequenas doses de água, que deve ser fornecida de maneira precisa e controlada (50 μ l de água por rodada do experimento), e para isso, foi desenvolvida uma bomba de seringa, baseada nas existentes em mercado (Figura 14), que podem ser encontradas com valores acima de R\$ 2.000.

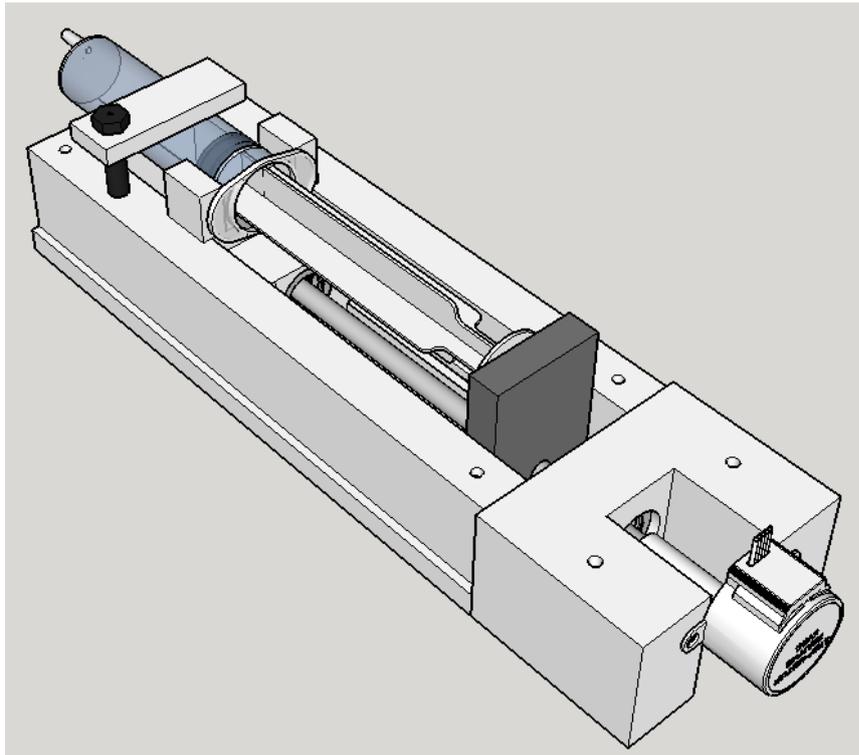
Figura 14 - Bomba de seringa St670.



Fonte: (MERCADO LIVRE, 2018).

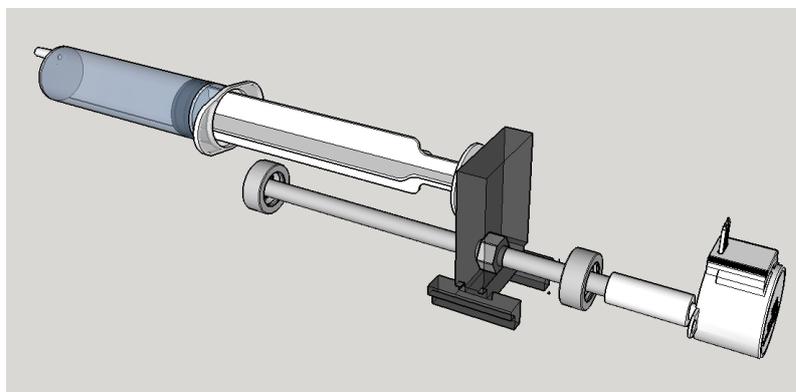
Utilizando o *software* SketchUp, foi desenhada a bomba (Figura 15), composta pelo motor de passo apresentado na Figura 4, acoplado à uma barra rosqueada, fazendo que, quando o motor gire, empurre o embolo da seringa através de uma peça conectada a esta barra rosqueada por uma rosca fixa à peça, como pode ser visto na Figura 16.

Figura 15 - Bomba de seringa projetada.



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Conexão dos elementos móveis da bomba.

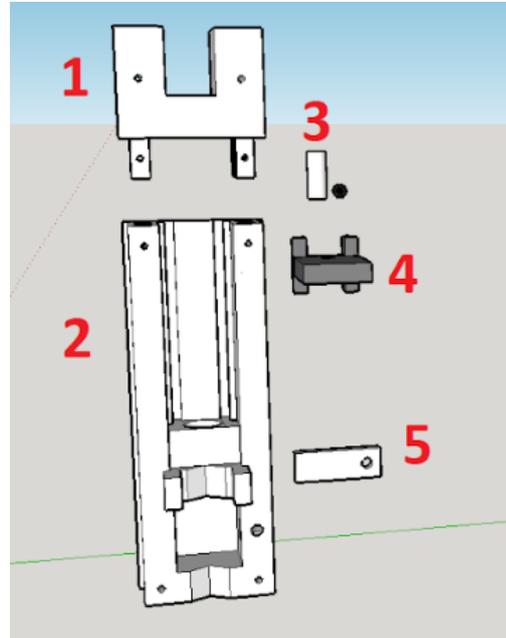


Fonte: Autoria própria.

Após o projeto em desenho, foram separadas as partes a serem impressas em 3D (Figura 17), no laboratório de impressão 3D do Instituto Metr pole Digital (IMD) da UFRN. A peça

maior foi dividida em duas partes (1 e 2 em vermelho na Figura 17), para se adequar as dimensões da impressora 3D disponível (20 cm x 20cm x 20cm).

Figura 17 - Partes da bomba de seringa a serem impressas em 3D.

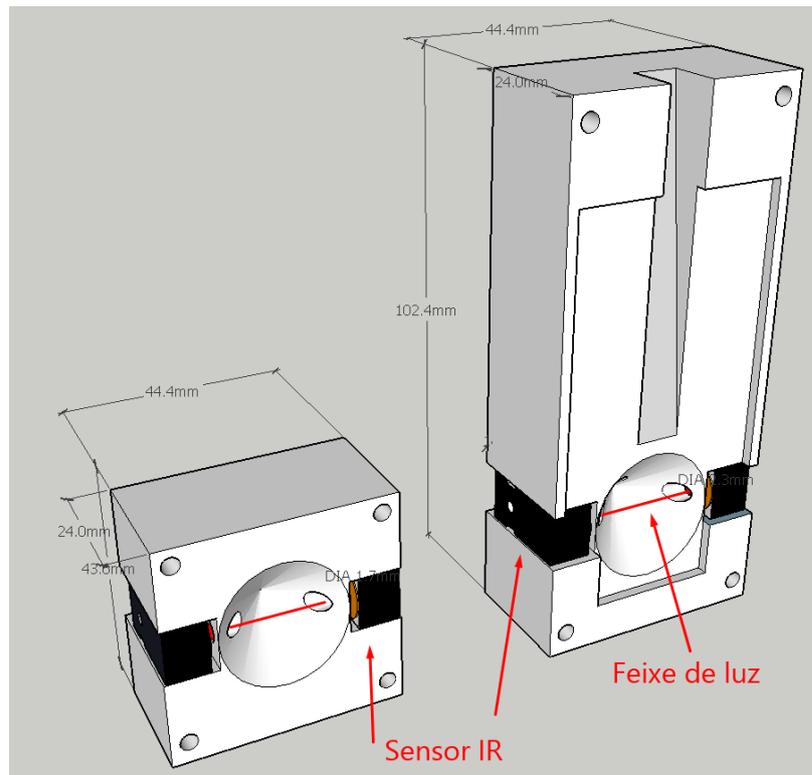


Fonte: Autoria própria.

Nose-Poke

O Nose-Poke (Figura 18) é a peça responsável por acomodar o sensor infravermelho da Figura 7, para quando o roedor inserir o focinho durante alguma tarefa ou receber a recompensa, obstruir o feixe de luz emitida pelo sensor e causar uma mudança de estado no sinal de saída do sensor.

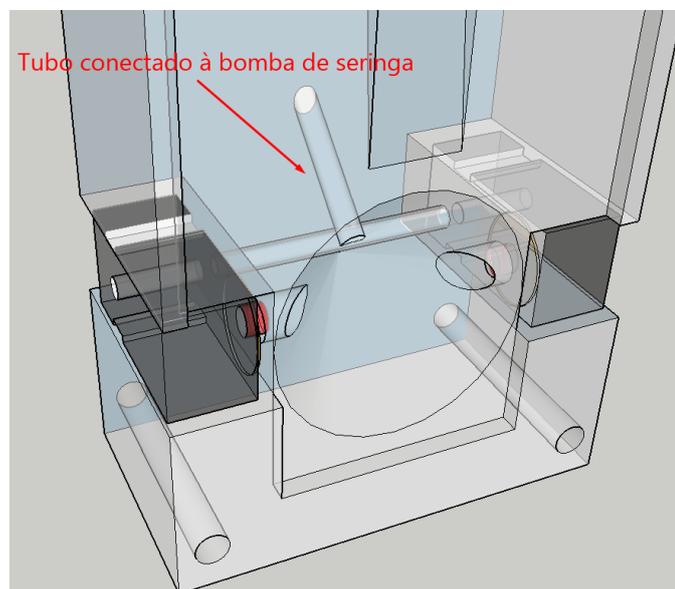
Figura 18 - 2 tipos de Nose-Poke projetados.



Fonte: Autoria própria.

Foram projetados 2 Nose-Pokes, sendo o de maior tamanho, onde o roedor recebe a recompensa através de um tubo conectado à bomba de seringa, como visto na Figura 19, e de menor tamanho apenas para o roedor encostar o focinho durante alguma tarefa.

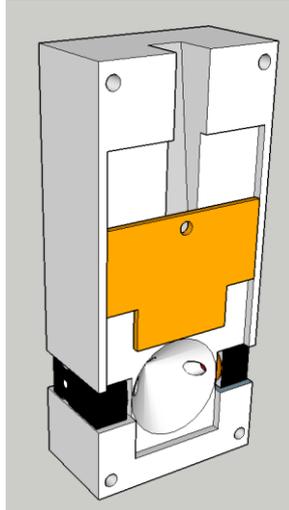
Figura 19 - Visão interna do maior Nose-Poke.



Fonte: Autoria própria.

O Nose-Poke maior também tem uma escotilha que fecha o orifício onde o roedor recebe a recompensa (Figura 20), quando é acionada por um servo motor.

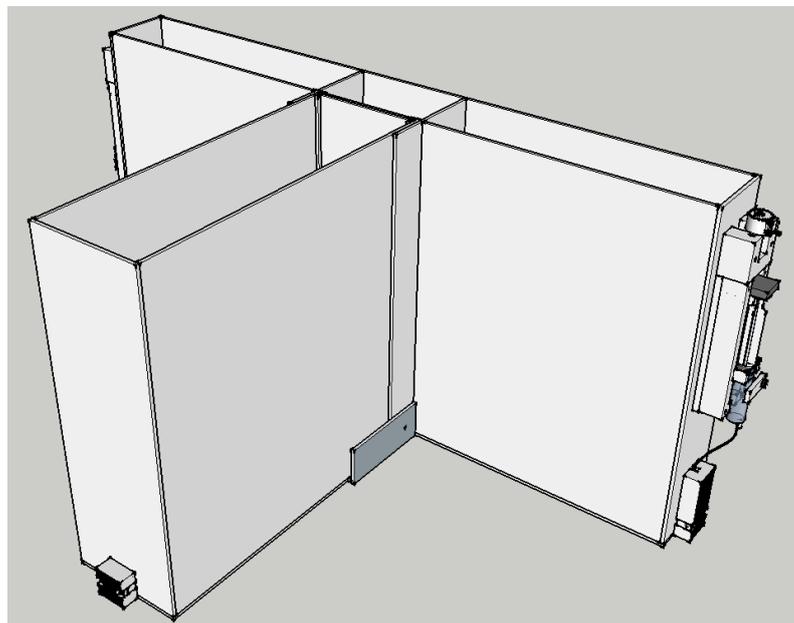
Figura 20 - Nose-Poke com escotilha



Fonte: Autoria própria.

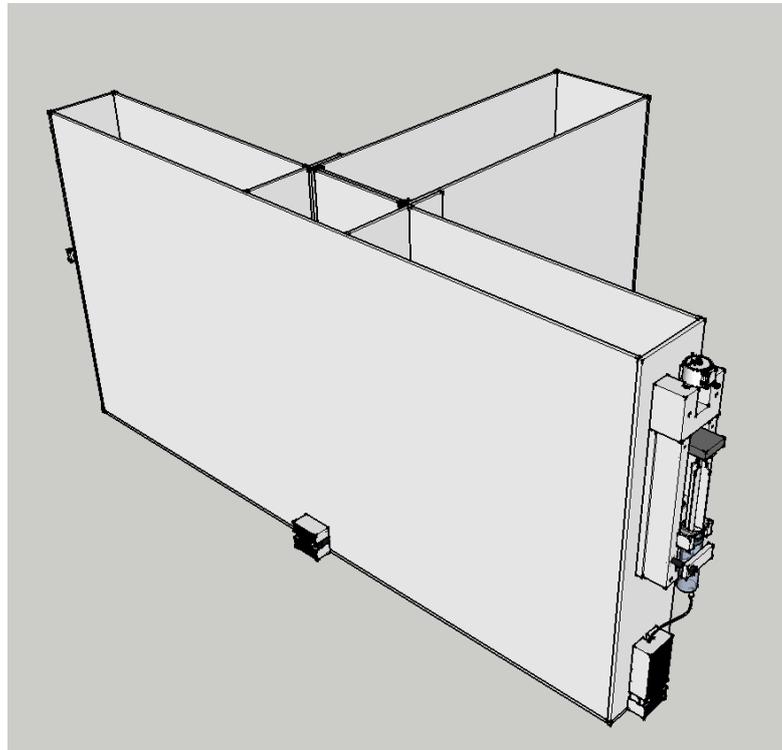
Após o desenho no SketchUp, também foram encomendados para impressão em 3D no Instituto Metr pole Digital, 2 Nose-Pokes do tipo menor e 2 Nose-Pokes do tipo maior. Uma representa o final do sistema pode ser vista nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Vista lateral direita



Fonte: Autoria própria.

Figura 22 - Vista lateral esquerda posterior.



Fonte: Autoria própria.

Para trabalhos futuros com esta caixa, será desenvolvido um sistema automatizado para a abertura das portas, de forma a aumentar as possibilidades de utilização da mesma. Abaixo segue a tabela de custos do projeto:

Tabela 1: Custo dos componentes do labirinto em T.

Componente	Quantidade	Valor (R\$)
Sensor IR	4	30,00
Servo motor	2	20,98
Seringa de 20ml	2	5,60
Motor de passo	2	23,98
Rolamento	4	24,00
Barra rosqueada	1	4,00
Parafusos		5,00
Arduino mega	1	55,49
Buzzer	1	3,90
leitor micro SD	1	4,90
Micro SD	1	12,00
Impressão 3D		140,00
Estrutura em acrílico		900,00

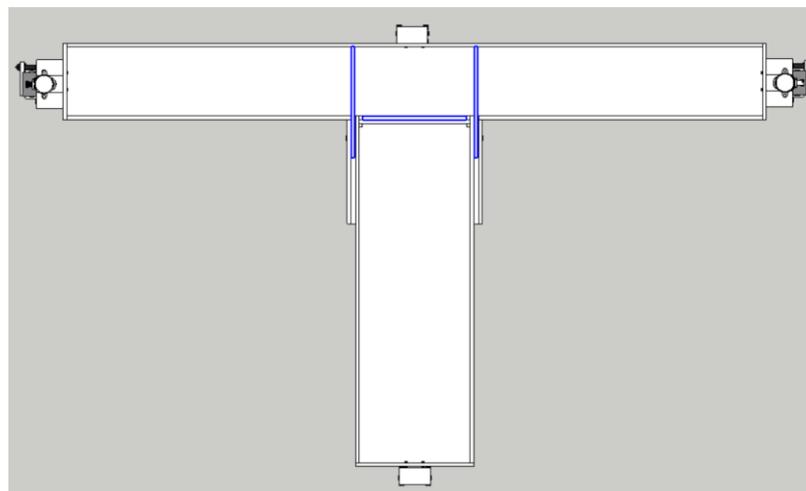
TOTAL	1229,85
--------------	----------------

Fonte: Autoria própria.

3.1.3 Lógica de funcionamento do labirinto

Como pode ser visto na Figura 23, o labirinto possui três portas removíveis, possibilitando algumas configurações para realizar experimentos diferentes.

Figura 23 - Vista superior com portas removíveis em destaque.

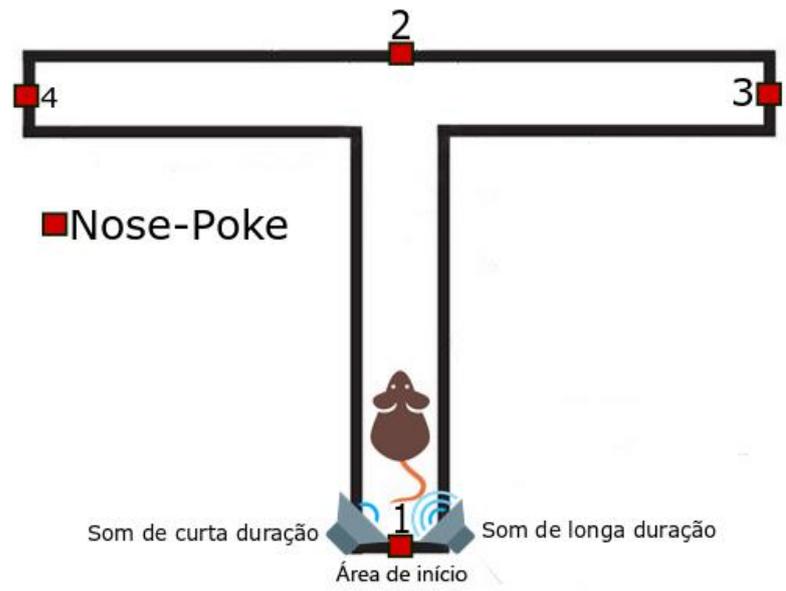


Fonte: Autoria própria.

Experimento 1

Neste experimento, com todas as portas removíveis desconectadas da caixa, o rato deve ser colocado na área de início, como pode ser visto na Figura 24. Quando o rato colocar o focinho no Nose-Poke 1, um *Buzzer* irá emitir um som de longa ou curta duração, a depender de uma variável aleatória. Se o som emitido for de curta duração, a escotilha do Nose-Poke 4 irá abrir para que o rato possa receber a água como recompensa. Se o som emitido for de longa duração, a escotilha do Nose-Poke 3 que irá abrir. Após 10 segundos, a escotilha de recompensa é fechada e um novo ensaio começa, em que o rato deve voltar para o Nose-Poke 1 e inserir o focinho novamente, para que outro som seja emitido.

Figura 24 - Configuração do labirinto para experimento 1.



Fonte: Autoria própria.

Experimento 2

Neste experimento a porta removível do meio é inserida, e o sistema agora assume a forma mais simples, vista na Figura 25. O processo é semelhante ao experimento anterior, onde agora o Nose-Poke 2 é o que dá início ao ensaio.

Figura 25 - Configuração do labirinto para experimento 2.



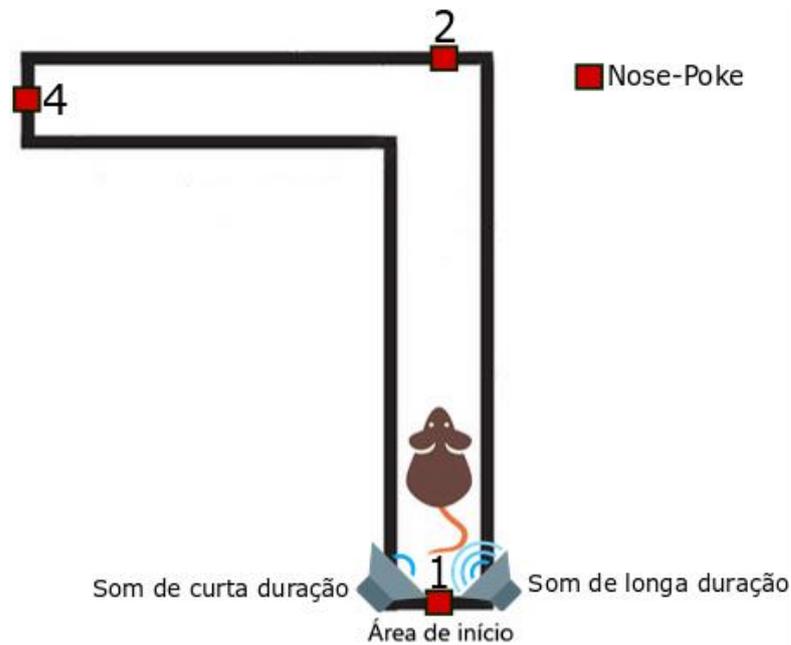
Fonte: Autoria própria.

Experimento 3

Neste experimento (Figura 26), a porta removível da direita é inserida, mas poderia ser a da esquerda e o labirinto assumir a configuração oposta.

Impondo ao rato somente um lado para buscar a recompensa, facilita o aprendizado da tarefa, e geralmente este é o experimento de treinamento para preparar o rato para os experimentos mais complexos. O Buzzer continua a emitir o som de longa ou curta duração de acordo com a variável aleatória, mas neste caso, somente o som de curta duração irá abrir a escotilha de recompensa.

Figura 26 - Configuração do labirinto para experimento 3.

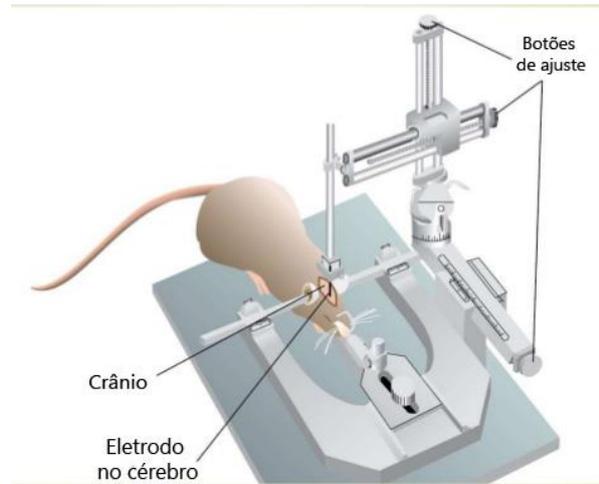


Fonte: Autoria própria.

3.2 Desenvolvimento de *Microdrive* para deslocamento de implantes cerebrais

Um dos problemas com o implante de eletrodos em um cérebro é que, com o tempo se forma tecido cicatrizante em volta da área implantada, degradando a conexão elétrica com as células em volta. Para contornar este problema, é usado um *microdrive*, que é um dispositivo que fica implantado permanentemente no crânio do rato, após uma cirurgia estereotáxica (Figura 27), para quando a matriz de eletrodos estiver perdendo o sinal, ser possível deslocá-la micrometros, para cima ou para baixo, de forma a atingir uma área em que os sinais possam ser aproveitados novamente.

Figura 27 - Cirurgia estereotáxica



Fonte: (UNIVERSITY OF SINDH, 2018).

Foi feita a cópia de um *Microdrive* já existente, que é caro e de difícil aquisição, e só pode ser utilizado uma única vez. Então quando o rato é sacrificado, tal dispositivo deve ser descartado.

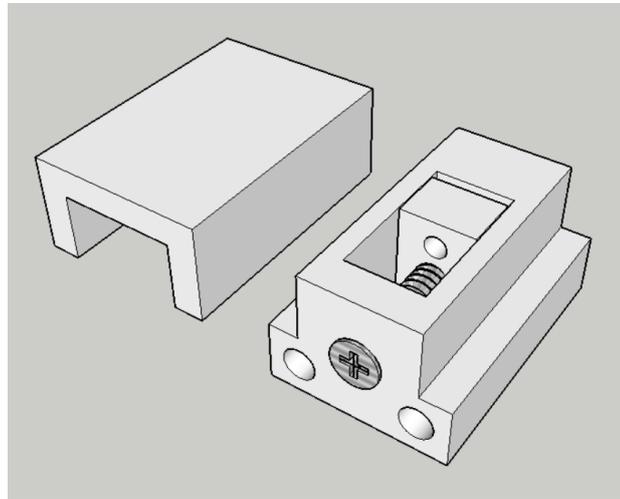
Utilizando um paquímetro, foram obtidas as dimensões do dispositivo para que pudesse iniciar o desenho da peça no SketchUp, como visto na Figura 28.

Figura 28 - Medição do *Microdrive*.

Fonte: Autoria própria.

Após todas as medições, foi desenhada a peça (Figura 29), com algumas modificações, para facilitar o processo de impressão em 3D, visto que o dispositivo tem dimensões muito reduzidas. O resultado da impressão pode ser visto na Figura 30.

Figura 29 - Desenho do *Microdrive* no SketchUp



Fonte: Autoria própria.

Figura 30 - Microdrives impressos em 3D.

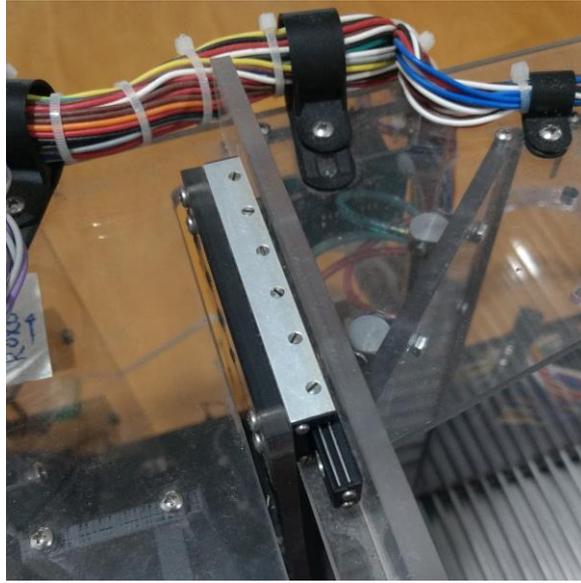


Fonte: Autoria própria.

3.3 Trilho para abertura de portas

Um aluno da pós-graduação estava desenvolvendo uma caixa experimental baseada numa caixa já existente, e para auxiliá-lo, foi feita a cópia dos rolamentos lineares responsáveis pela abertura de duas portas. Na Figura 31 pode ser visto o rolamento na caixa original. Utilizando um paquímetro foram obtidas as dimensões deste rolamento, como visto na Figura 32. Após as medições o trilho foi desenhado no SketchUp (Figura 33) e enviado para ser impresso em 3D.

Figura 31 - Trilho da caixa de referência.



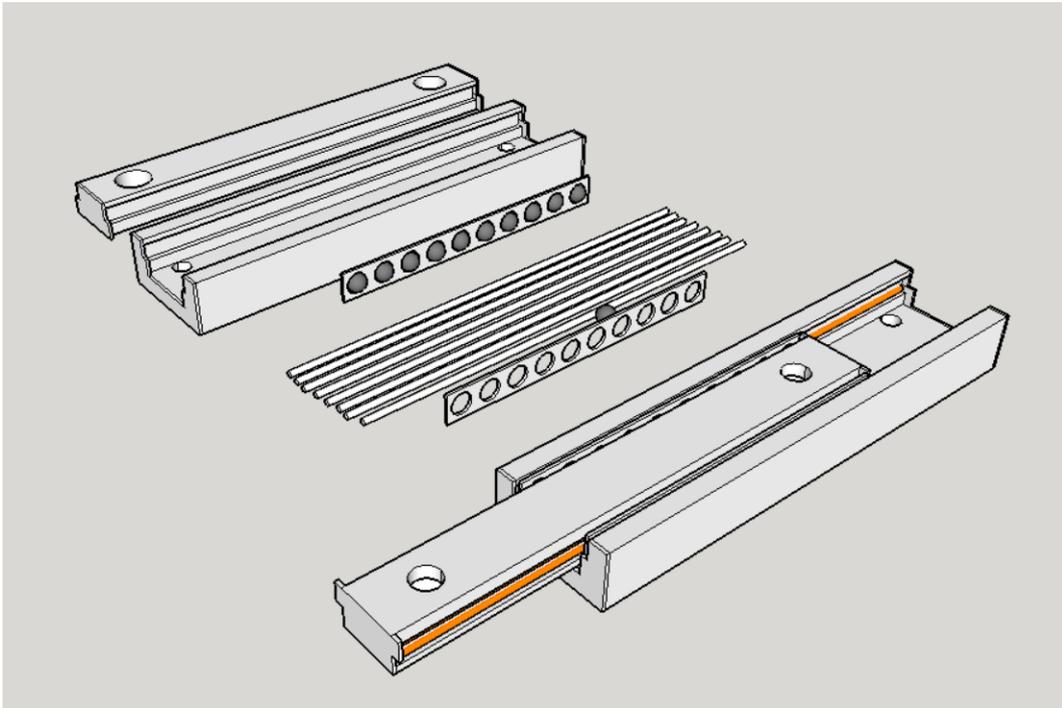
Fonte: Autoria própria.

Figura 32 - Medição do trilho com paquímetro.



Fonte: Autoria própria.

Figura 33 - Desenho do trilho no SketchUp.

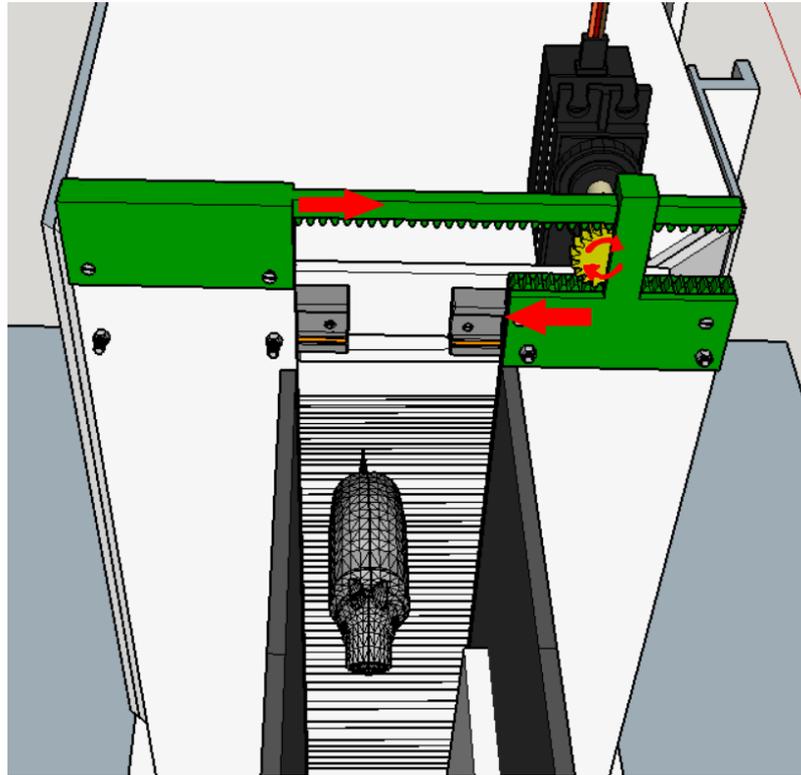


Fonte: Autoria própria.

3.4 Sistema para abertura de portas e programação de experimento

Utilizando o trilho desenvolvido no item anterior, foi feito um sistema capaz de abrir duas portas ao mesmo tempo, em sentido contrário, somente com um motor, como visto na Figura 34.

Figura 34 - Sistema para abertura de portas.

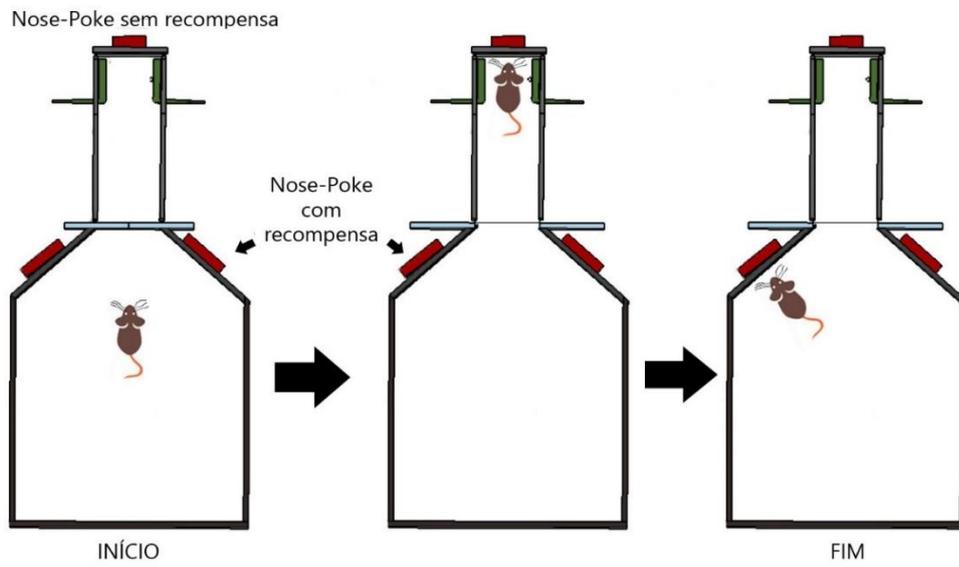


Fonte: Autoria própria.

Essa caixa comportamental tem a seguinte lógica de funcionamento (vistas nas Figuras 35 e 36):

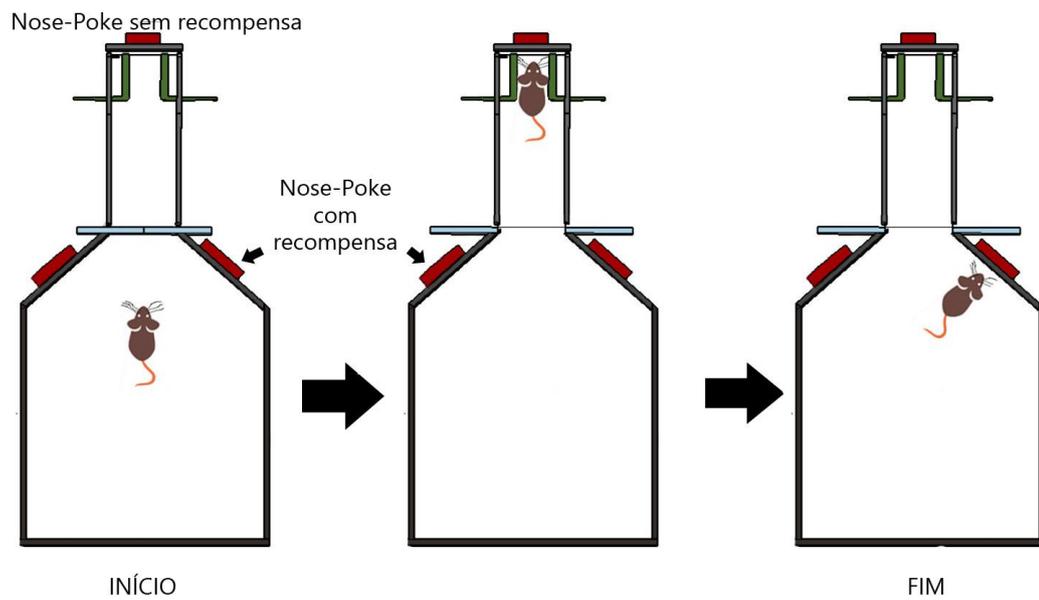
1. O rato é colocado na área de início, e deve esperar a porta abrir para encostar no Nose-Poke central
2. As duas barras laterais (verdes) se fecham sobre o rato, e podem ter duas configurações de distancias, a depender de uma variável aleatória
3. Se as barras estiverem na configuração **mais distante**, o rato, através de suas vibrissas deve ser capaz de distinguir essa distância, e retornar ao ambiente anterior para receber a recompensa no **Nose-Poke da esquerda**
4. 10 segundos após receber a recompensa, as escotilhas dos Nose-Pokes se fecham, assim como a porta central, para que se inicie um novo ensaio
5. Ao se iniciar um novo ensaio, e as barras laterais, assumirem a posição **mais próxima**, o rato deve voltar ao ambiente anterior e receber a recompensa no **Nose-Poke da direita**
6. Após 10 segundos, todas as portas se fecham para permitir que um novo ensaio comece

Figura 35 - Configuração com barras laterais distantes.



Fonte: Autoria própria.

Figura 36 - Configuração com barras laterais próximas.



Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÃO

Nesse relatório, foram expostas as principais atividades desenvolvidas ao longo de 4 meses de estágio no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont. A realização do estágio foi um requisito para a finalização do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

As atividades realizadas envolveram disciplinas como desenho técnico, técnicas de programação e eletrônica. Foi visto que realizar um projeto de um sistema eletromecânico para interagir com um ser vivo, é um processo iterativo bastante árduo, pois muitas são as variáveis a serem levadas em conta.

Durante o estágio, foi possível observar de perto um ambiente de pós-graduação de alto nível, que realiza pesquisas com interface cérebro-máquina, neurociência computacional, e processamento de sinais biológicos, envolvendo conceitos aprendidos ao longo do curso de engenharia elétrica, servindo de estímulo para estudos posteriores..

5 REFERÊNCIAS

ANDERSON, R. M. et al. Adrenocortical status predicts the degree of age-related deficits in prefrontal structural plasticity and working memory. **Journal of Neuroscience**, v. 34, n. 25, p. 8387-8397, 2014. ISSN 0270-6474.

ARDUÍNO Mega 2560 R3 + Cabo USB. **eletrodex**, 2018. Disponível em: <<http://www.eletrodex.com.br/arduino-mega-2560-r3-cabo-usb.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ASHRAF, A. Experimental Ablation. **slideshare**, 2015. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/aleemashraf1/experimental-ablation>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

BOMBA De Seringa St670 Samtronic Nova. **mercadolivre**, 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-890967157-bomba-de-seringa-st670-samtronic-nova-_JM>. Acesso em: 11 jun. 2018.

BUZZER 5V. **baudaeletronica**, 2018. Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/buzzer-5v.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ELTABLAWY, N.; TORR, O. M. Neuroprotection of Melatonin in Lipopolysaccharide-induced Alzheimer's Disease in rats. **Amyloid**, v. 3, p. 7,

FLORESCO, S. B.; GHODS-SHARIFI, S. Amygdala-prefrontal cortical circuitry regulates effort-based decision making. **Cerebral cortex**, v. 17, n. 2, p. 251-260, 2006. ISSN 1460-2199.

FORTRESS, A. M.; FRICK, K. M. Pharmacologically manipulating learning and memory. In: (Ed.). **The Maze Book**: Springer, 2015. p.165-210.

IR Break Beam Sensor - 3mm LEDs. **adafruit**, 2018. Disponível em: <<https://www.adafruit.com/product/2167>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

KIT Servo Motor SM-S4306R. **baudaeletronica**, 2018. Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/kit-servo-motor-sm-s4306r.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MICRO Servo 9g SG90 TowerPro. **baudaeletronica**, 2018. Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/micro-servo-9g-sg90-towerpro.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MOTOR de Passo + Drive ULN2003. **baudaeletronica**, 2018. Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/motor-de-passo-drive-uln2003.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MOUSE Behavioral Phenotyping Core. **Carolina Institute for Developmental Disabilities**, 11 jun. 2018. Disponível em: <<http://www.cidd.unc.edu/research/default.aspx?id=25>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

O'KEEFE, J.; DOSTROVSKY, J. The hippocampus as a spatial map: Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. **Brain research**, 1971. ISSN 1872-6240.

OLTON, D. S. Mazes, maps, and memory. **American psychologist**, v. 34, n. 7, p. 583, 1979. ISSN 1935-990X.

RUVALCABA-DELGADILLO, Y. et al. Early-life exposure to noise reduces mPFC astrocyte numbers and T-maze alternation/discrimination task performance in adult male rats. **Noise & health**, v. 17, n. 77, p. 216, 2015.

ANEXO A

Conforme citado na Seção 3, abaixo estão os códigos em c++ para as duas caixas comportamentais.

Labirinto em T

```
#include <Servo.h>

const int buzzer = 5; //buzzer to arduino pin 9
int IR1 = 2 ;
int IR2 = 3 ;
int IR3 = 7 ;
Servo myservo1; // servo da porta central
int pos1;
Servo myservo2;
int pos2;

long Tbase,Te,Td;

int randomNumber = 0;

int x,y;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(IR1,INPUT);
  pinMode(IR2,INPUT);
  pinMode(IR3,INPUT);
  //Serial.begin(115200);
  myservo1.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
  myservo2.attach(10);
  pinMode(buzzer, OUTPUT); // Set buzzer - pin 9 as an output
  randomSeed(analogRead(A0));
}

void loop(){
  int IR1value = digitalRead(2);
  int IR2value = digitalRead(3);
  int IR3value = digitalRead(7);
  // Serial.println(randomNumber);

  if(IR1value == 0){
    Tbase = millis();
    tone(buzzer, 5000); // Send 1KHz sound signal...
    delay(1000); // ...for 1 sec
    noTone(buzzer); // Stop sound...
    randomNumber = random(1,3);
    Serial.println(Tbase);
  }

  if(randomNumber == 1){
    myservo1.write(180);
    randomNumber = 0;
  }
}
```

```

if(randomNumber == 2){
  myservo2.write(180);
  randomNumber = 0;
}

if(IR2value == 0){
  Te = millis();
  delay(3000);
  myservo1.write(0);
  Serial.println(Te);
}

if(IR3value == 0){
  Td = millis();
  delay(3000);
  myservo2.write(0);
  Serial.println(Td);
}

}

```

Caixa comportamental

```

#include <Servo.h>

Servo myservo1; // servo da porta central
Servo myservo2; // servo da recompensa esquerda
Servo myservo3; // servo da recompensa direita
Servo myservo4; // servos das barras laterais
Servo myservo5; // servos das barras laterais
int i=0;
int perto = 0;
int longe = 0;
int acerto = 0; //number of times individual got the correct reward hole
int trial = 0; //number of trials from program start
float pos1 = 0; // variable to store the servo position
float pos2 = 0;
float pos3 = 0;

int abriumeio = 0;
int abriulaterais = 0;
int randomNumber = 0;

void setup() {

Serial.begin(9600);
pinMode(A3,INPUT);
pinMode(A4,INPUT);
pinMode(A5,INPUT);
//Serial.begin(115200);
myservo1.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
myservo2.attach(10);
myservo3.attach(11);
myservo4.attach(12);

```



```

    }
    abriumeio = 1;
    trial++; // indica quantos trials o rato ja completou
}

if(analogRead(A5)<300){ //se o sensor central detectar presença

    if(abriulaterais != 1){
        //Abrem as portas laterais de recompensa
        for (pos2 = 0; pos2 <= 180; pos2 += 1) { // goes from 0 degrees to
180 degrees
            // in steps of 1 degree
            myservo2.write(pos2);
            myservo3.write(pos2);
            delay(6); // waits 6ms for the servo to reach
the position
        }
        abriulaterais = 1;
    }

}

if( (analogRead(A4)<300 && perto == 1) || (analogRead(A5)<300 && longe ==
1) ){
    acerto++;
}

if(analogRead(A4)<300 || analogRead(A3)<300 ){ //Se algum dos sensores
laterais for ativado
    delay(10000); //espera 10 segundos

    //Fecha porta central, porta lateral esquerda e porta Lateral Direita
    for (pos1 = 180; pos1 >= 0; pos1 -= 1) { // goes from 180 degrees to 0
degrees
        myservo1.write(pos1);
        myservo2.write(pos1);
        myservo3.write(pos1);
        delay(6);

    }
    abriumeio = 0;
    abriulaterais = 0;

    delay(10000);

}
}

```