

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO
SUCKOW DA FONSECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

GABRIEL LAPORT VARGAS

**KEY'S LOCKER – DISPOSITIVO PARA ENTREGA E DEVOLUÇÃO
DE CHAVES E ENCOMENDAS**

**RIO DE JANEIRO
2019**

GABRIEL LAPORT VARGAS

**KEY'S LOCKER – DISPOSITIVO PARA ENTREGA E DEVOLUÇÃO
DE CHAVES E ENCOMENDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica, do Centro Federal
de Educação Tecnológica Celso Suckow
da Fonseca.

Orientador: Prof. Dr. Leydervan de Souza
Xavier

RIO DE JANEIRO

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

V297 Vargas, Gabriel Laport.

Key's locker – dispositivo para entrega e devolução de chaves e encomendas / Gabriel Laport Vargas – 2019.

vii, 63f. + apêndices. : il. color., grafs., tabs. ; enc.

Projeto Final (Graduação). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2019.

Bibliografia: f. 63.

Orientador: Leydervan de Souza Xavier.

1. Engenharia mecânica. 2. Automação. 3. Controladores programáveis. 4. Controle de processo – Automação. I. Xavier, Leydervan de Souza (Orient.). II. Título.

CDD 621

Elaborada pelo bibliotecário Leandro Mota de Menezes CRB-7/5281

RESUMO

Vargas, Gabriel Laport. **KEY LOCKER**: subtítulo (se houver). Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, RJ, 2019.

O presente trabalho consiste no projeto e construção de protótipo de uma máquina para entrega e devolução de chaves e encomendas dos proprietários em um condomínio. A partir de uma reunião com a administração foi possível descobrir as reais necessidades dos moradores e foi idealizado um conceito de mecanismo que, além de realizar as funções desejadas pela administração neste momento, também sirva como um produto/serviço para outras organizações que possa ser, futuramente, comercializado. A máquina irá realizar duas funções; o check-in e check-out das chaves dos moradores, e suas encomendas. Privilegia-se a busca por um sistema seguro de fácil utilização e manutenção. Na elaboração do equipamento, além do dimensionamento de elementos de máquinas e estruturas, foi necessário desenvolver interfaces de automação para controle de mecanismos, segurança de acesso e alimentação de banco de dados, além da programação em linguagem C++ e LabVIEW para controlar essas interfaces. A montagem do equipamento envolveu produtos comerciais, adaptação de equipamentos e impressão 3D a partir de desenhos realizados no Fusion 360. Os testes realizados permitiram validar a concepção do equipamento como funcional e seguro.

Palavras-chave: Key Locker. Arduino. LabVIEW. MySQL. Chaves. Encomendas.

ABSTRACT

The present work consists in the design of a machine for delivery and return of keys and orders of the owners in a condominium. From a meeting with the administration it was possible to discover the real needs of the residents, it was idealized a concept of mechanism that besides performing the functions desired by the administration, also serves as a product / service that be marketed in the future. The machine will perform two functions; the check-in and check-out of the keys of the residents, and their orders. The search for a safe system of easy use and maintenance is privileged. In the equipment design, in addition to the dimensioning of machine elements and structures, it was necessary to develop automation interfaces for mechanisms control, safe access and database feed, as well as C++ and LabVIEW programming to control these interfaces. The assembly of the equipment involved commercial products, equipment adaptation and 3D printing from drawings made in Fusion 360. The tests carried out allowed validating the design of the equipment as functional and safe.

Palavras-chave: Key Locker. Arduino. LabVIEW. MySQL. Keys. Packages.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Espaço disponível na recepção do condômino	4
Figura 2- Key Tracker	6
Figura 3- Matrix cabinet	7
Figura 4- Esboço do projeto	8
Figura 5- Controle do PWM.....	9
Figura 6- Chave fim de curso	11
Figura 7- Esboço guarda-chaves	13
Figura 8- Conceito do Slot.....	13
Figura 9- Projeto Slot	14
Figura 10- CNC de usinagem.....	15
Figura 11- Quadro Inferior.....	16
Figura 12- Limas Dexter.....	17
Figura 13- Sistema de acoplamento.....	18
Figura 14- Suporte eixo Z.....	18
Figura 15- Rolamento 608zz	19
Figura 16- Conceito do acoplador	20
Figura 17- Acoplamento do conjunto I.....	21
Figura 18- Acoplamento do conjunto II.....	21
Figura 19- Protótipo do acoplador	22
Figura 20- Projeto acoplador	23
Figura 21- Fixador	23
Figura 22- Projeto da interface	24
Figura 23- Demonstrativo do Sistema	25
Figura 24- Demonstrativo do Sistema	26
Figura 25- Fluxograma do sistema.....	27
Figura 26- Fluxograma porteiro	28
Figura 27- Fluxograma proprietário	29
Figura 28- Interface administração.....	30
Figura 29- Exemplo de configuração dos compartimentos	32
Figura 30- MER.....	33
Figura 31- Integração do Banco de dados	36
Figura 32- ODBC Driver	36
Figura 33- Arquivo .UDL	37
Figura 34- Painel inicial.....	38
Figura 35- Bloco de conexão ao Banco de dados	39
Figura 36- Aviso string em branco.....	39
Figura 37- Aviso valores incorretos	40
Figura 38- Bloco de conexão entre Sub Vis	40
Figura 39- Interface Porteiro	41
Figura 40- Aviso Sting em branco	41
Figura 41- Bloco de checagem de ID	42

Figura 42- Aviso de não compatibilidade.....	42
Figura 43- Aviso de compartimento ocupado	42
Figura 44- Aviso confirmação de armazenamento	43
Figura 45- Bloco de atualização do Banco de dados.....	43
Figura 46- Interface morador.....	44
Figura 47- Aviso de encomenda.....	45
Figura 48- Aviso "NÃO HÁ ENCOMENDAS".....	46
Figura 49- Interface administrador	46
Figura 50- Controle do banco de dados	47
Figura 51- Controle COMPARTIMENTOS	48
Figura 52- Controle COMPARTIMENTOS atualizado	48
Figura 53- Controle CHAVES.....	49
Figura 54- DCL	51
Figura 55- Análise de tensões.....	52
Figura 56- Jumpers	55
Figura 57 - Junta soldada.....	56
Figura 58- Estrutura da marcenaria.....	57
Figura 59- Marcenaria do guarda-volumes.....	58
Figura 60- Bandeja retrátil.....	58
Figura 61- Protótipo finalizado	59
Figura 62- Lateral do Guarda-chaves.....	60
Figura 63- Interior Guarda-chaves	60
Figura 64- Abertura frontal	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tamanho da encomenda	31
Tabela 2- Tamanho do compartimento	31
Tabela 3- Funcionários	35
Tabela 4- Compartimentos	35
Tabela 5- Moradores	35
Tabela 6 -Pesagem.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	APRESENTAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	1
1.2	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL.....	2
1.3	A ADMINISTRAÇÃO.....	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1	KEY TRACKER.....	6
2.2	MATRIX CABINET.....	7
3	O PROJETO.....	8
3.1	MOTORES ELÉTRICOS.....	8
3.2	COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO.....	10
3.3	ARDUINO.....	10
3.4	LABVIEW.....	10
3.5	FIM DE CURSO.....	11
3.6	RELÉ.....	12
3.7	IMPRESSÃO 3D.....	12
4	O GUARDA-CHAVES.....	13
4.1	O ARMAZENAMENTO.....	13
4.1.1	Modificações.....	14
4.2	A MOVIMENTAÇÃO.....	14
4.3	MONTAGEM DA CNC.....	15
4.3.1	Quadro Inferior.....	16
4.3.2	Adaptação das Peças.....	16
4.3.3	Parte Superior.....	17
4.4	SISTEMA DE ACOPLAMENTO.....	17
4.4.1	Suporte Eixo Z.....	18
4.4.2	Acoplador.....	20
4.4.3	Modificações.....	22
4.4.4	O Fixador.....	23
4.5	A INTERFACE.....	24

4.6	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO GUARDA-CHAVES	25
5	INTERFACE DIGITAL.....	27
5.1	INTERFACE PORTEIRO	28
5.2	INTERFACE MORADOR	29
5.3	INTERFACE ADMINISTRAÇÃO	29
6	GUARDA-VOLUMES	31
7	CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS	33
7.1	MODELO ENTIDADE-RELACIONAMENTO (MER).....	33
7.2	TABELAS.....	34
7.3	CONEXÃO DO MYSQL COM O LABVIEW.....	35
8	UTILIZAÇÃO DO LABVIEW.....	38
8.1	PAINEL INICIAL.....	38
8.2	INTERFACE PORTEIRO	40
8.3	INTERFCE MORADOR.....	44
8.3.1	Chaves	44
8.3.2	Retirar Encomendas.....	45
8.4	INTERFACE ADMINISTRADOR	46
8.4.1	Banco de Dados	47
8.4.2	Volumes	47
8.4.3	Chaves	49
9	DIMENSIONAMENTO	50
10	CONTROLE E AUTOMAÇÃO	53
10.1	MOVIMENTAÇÃO DOS MOTORES.....	53
10.2	ABERTURA DAS FECHADURAS ELETRÔNICAS.....	54
10.3	REFRIGERAÇÃO E REDUÇÃO DO CONSUMO	54
10.4	DIMENSIONAMENTO, SOLDAGEM E ORGANIZAÇÃO DA FIAÇÃO.....	54
11	MONTAGEM DO GABINETE	57
11.1	MARCENARIA.....	57
11.2	FINALIZAÇÃO	59
12	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	APÊNDICE A - Programação do Arduino	64
	APÊNDICE B - Desenhos Técnicos	71

1 INTRODUÇÃO

As demandas contemporâneas por segurança, rapidez e precisão se fazem presentes em serviços e produtos nos ambientes domésticos, comerciais e industriais, desafiando os engenheiros a resolver problemas de escalas muito diferentes. As oportunidades de negócio e de trabalho se revelam nos espaços corporativos e nos nichos de serviço diversificados, em que novas soluções precisam ser criadas. Neste contexto, a Engenharia se caracteriza, cada vez mais, pela interdisciplinaridade do conhecimento como base para a solução de necessidades humanas. Assim, as fronteiras entre disciplinas deste ou daquele curso parecem fadadas a desaparecer, rapidamente. Neste projeto, que representa a síntese dos conhecimentos adquiridos durante a formação no curso de engenharia mecânica e visa cumprir os requisitos necessários para a aprovação na disciplina de graduação Projeto Final do CEFET/RJ, foi necessário atravessar algumas dessas fronteiras, quando se decidiu produzir um protótipo plenamente funcional, indo além do projeto de um equipamento. Assim, além da concepção, desenho e dimensionamento, foi necessário abranger fabricação, prototipagem rápida e automação e controle, de modo a alcançar o objetivo proposto.

Desenvolveu-se, então, um equipamento automatizado para solucionar vários dos problemas existentes em diversos ambientes comerciais e residenciais associados à entrega e devolução de chaves e encomendas dos moradores e clientes, visando segurança e praticidade.

1.1 APRESENTAÇÃO E MOTIVAÇÃO

O equipamento desenvolvido neste projeto foi concebido para atender a necessidade de automatizar a entrega e devolução de chaves de um condomínio. O projeto surgiu após a observação sistemática pelo autor Gabriel Laport Vargas ao longo de 5 anos dos problemas inerentes à entrega e à guarda das chaves dos imóveis em condomínios.

Após cinco anos trabalhando como Microempreendedor Individual (MEI) na AlfaBarra Temporada, empresa de aluguel de imóveis por temporada, o autor teve a experiência de hospedar mais de 400 clientes.

O problema encontrava-se em equacionar os horários para entrega e devolução das chaves, devido ao impacto de voos cancelados/atrasados ou mesmo pela disponibilidade do cliente. Desta forma, percebeu-se que haveria um ganho operacional ao automatizar esta tarefa, projetando uma máquina que armazenasse todas as chaves do condomínio com a função de entrega e devolução, através de um código fornecido. Assim, os clientes poderiam retirar ou devolver as chaves na hora mais oportuna, sem intervenção de terceiros.

1.2 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O prédio em questão é o Alfa Ritz que está localizado no condomínio Alfa Barra 1, na Avenida Ayrton Senna 170, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ. Com mais de 30 anos de história, sua concepção foi feita no estilo Apart Hotel com 220 unidades de um e dois quartos, entretanto, ao longo dos anos ocorreu uma mudança no perfil dos proprietários, que hoje se dividem em moradores fixos, ocasionais (utilizam como uma moradia de final de semana ou como “casa de praia”), e investidores que buscam a melhor maneira de rentabilizar o imóvel.

Visto o perfil misto dos proprietários e o avanço do aluguel por temporada impulsionado por plataformas como Booking.com e Airbnb, o prédio mantém um fluxo constante de pessoas, sejam elas moradores, hóspedes ou até mesmo clientes das comodidades de Apart hotel do prédio como a lavanderia e o restaurante.

Em função do crescente número de unidades ofertadas como aluguel por temporada, ficou clara a demanda de um equipamento que atendesse tanto as novas necessidades dos proprietários quanto as da administração, que se viu sobrecarregada de novas responsabilidades de controle das unidades.

1.3 A ADMINISTRAÇÃO

Uma vez identificado o problema, o próximo passo tomado foi o contato com a administração para detalhar a situação atual e testar entendimento sobre as reais necessidades.

Atualmente, o prédio mantém um mural para guardar as chaves dos moradores, as encomendas ficam sob responsabilidade dos porteiros e a administração controla as chaves das áreas comuns. O controle manual da movimentação de chaves e encomendas exige muita organização para que não haja extravios ou outros incidentes, além de caracterizar uma responsabilidade a mais para os funcionários do prédio. A falta de um registro do fluxo de objetos guardados gera uma vulnerabilidade para a gestão atual, devido à incapacidade de demonstrar quem teve acesso ao mural das chaves e das encomendas. Com isso, há possibilidade de reações legais por parte dos moradores, que podem acusar os funcionários de acesso indevido, ou ainda, extravios de ativos da administração ou dos condomínios.

Na concepção do projeto, realizou-se uma reunião preliminar no dia 18/03/2019, para levantamento de parâmetros de projeto e, ao se entrevistar o funcionário responsável pelos processos de interesse, ele apresentou os seguintes pedidos:

- Identificação das chaves
- Registro de segurança
- Funcionamento em casos de queda de luz
- Possibilidade de abertura emergencial
- Estar na portaria em um lugar visível

Com isso, a ADM disponibilizou um espaço indicado na Figura 1 a seguir:



Figura 1- Espaço disponível na recepção do condômino

Assim, a partir do volume estimado de objetos, dos processos de trabalho típicos, dos serviços solicitados e do espaço físico disponível, foram realizadas as etapas de trabalho descritas neste projeto. O trabalho consiste em 13 Capítulos e 2 Apêndices:

O capítulo 1 consiste na apresentação do projeto, seus parâmetros e sua motivação. No Capítulo 2, serão demonstradas empresas utilizadas como referência para a elaboração do conceito do protótipo. No Capítulo 3, são explicados conceitos importantes para o entendimento dos equipamentos e plataformas utilizados na elaboração do mecanismo.

No Capítulo 4 apresenta-se a parte do mecanismo responsável pelo armazenamento e gerenciamento das chaves dos clientes, sendo dividido em seis subcapítulos. Nos quais serão abordadas as etapas de montagem da CNC, desenvolvimento das peças de adaptação e explicações sobre o funcionamento do protótipo. O próximo capítulo consiste na criação da lógica do sistema, por meio de fluxogramas, que irá reger a interface homem-máquina.

No Capítulo 6, o dispositivo de armazenamento de encomendas é abordado. Os Capítulos 7 e 8, desenvolvem a criação e utilização dos sistemas de interface com o cliente apresentados no Capítulo 5. Nesses capítulos, serão explicados os métodos de criação dos códigos, utilização das plataformas e a integração entre o LabVIEW e o MySql.

O Capítulo 9 se dedica à apresentação dos cálculos estruturais utilizados na validação do dimensionamento realizado. O Capítulo 10, consta a especificação e utilização dos sistemas eletrônicos, sendo demonstrado soluções para problemas de refrigeração e consumo de energia e os procedimentos utilizados para instalação dos componentes.

O Capítulo 11 versa sobre a montagem do gabinete feito em marcenaria, assim como a configuração final do protótipo, após realizado todas as instalações. Em seguida, o Capítulo 12 apresenta as considerações finais, propostas de melhorias e análises a serem feitas futuramente.

O Apêndice A contém o código em C++ utilizado no Arduino para realizar a movimentação da CNC e o Apêndice B apresenta os desenhos técnicos das peças projetadas e fabricadas durante o projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao buscar sistemas que atendam as especificações do projeto, algumas soluções foram encontradas:

2.1 KEY TRACKER

Com mais de 20 anos de mercado e atuação em 15 países, seu principal produto consiste em um “mural eletrônico”.



Figura 2- Key Tracker

Fonte:

KeytrackerLimited. keytracker,2019. Disponível em:< <https://www.keytracker.com/videos>>.

Acesso em: 1 de novembro de 2019

Esse sistema funciona a partir de uma identificação eletrônica, que ao ser verificada, libera a trava específica, e com isso movimenta o conjunto (Chave + “Pino”). Como visto na Figura 2, o conjunto é unido por um pequeno cabo de aço. Apesar de ser um produto de abrangência intercontinental, conforme dados da empresa, ele apresenta limitações claras que impossibilitam a sua utilização no problema apresentado neste projeto.

Primeiramente, as chaves apesar de fixadas, ficam expostas, permitindo a cópia do trinco ou até mesmo sua danificação. Além disso, como o objetivo é o

consumidor final, o mecanismo deve permitir que o usuário armazene mais de uma chave (um pequeno chaveiro) sem que isso atrapalhe os outros.

Portanto, apesar de ser uma solução prática e testada pelo mercado, quando oferecida para o público-alvo do projeto começa a apresentar problemas, já que foi projetada para um ambiente controlado.

2.2 MATRIX CABINET

Alternativamente ao conceito anterior, a Matrix Cabinet desenvolve um sistema para o armazenamento de chaves e outros objetos que separa os usuários por compartimentos que são destravados eletronicamente por uma senha predefinida, trazendo mais segurança ao cliente final. Entretanto, a principal limitação desse projeto é o volume, já que seria necessário um espaço volumoso para armazenar muitas chaves, além de não englobar usuários com mobilidade reduzida que poderiam ter dificuldade de utilizar compartimentos muito altos.



Figura 3- Matrix cabinet

Fonte:

Matrix-cabinet. 2019. Disponível em:< <https://www.matrix-cabinet.com/applications/smart-lockers/>>. Acesso em: 1 de novembro de 2019

3 O PROJETO

Baseado nas referências encontradas e nas solicitações da administração, o equipamento começou a ser desenvolvido, sendo dividido em 3 partes: o guarda-chaves, a interface digital e o guarda-volumes (Figura 4). É necessário ressaltar que devido às limitações financeiras para custear o protótipo, este demonstrará, apenas, a funcionalidade do conceito, não atuando em sua capacidade total.

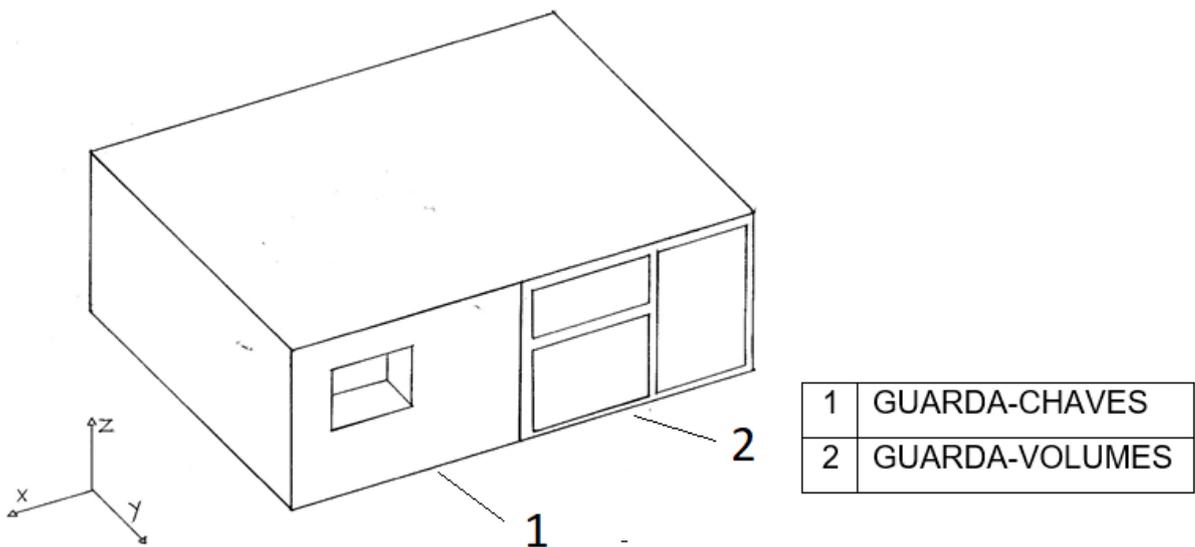


Figura 4- Esboço do projeto

3.1 MOTORES ELÉTRICOS

Nesse projeto serão utilizados dois tipos de motores de passo, um para a movimentação da CNC e outro para a rotação do acoplador.

Ambos funcionam com a lógica de subdivisão de 1 volta (360°) em passos, sendo que quanto mais potente e preciso for o motor maior será o número de passos por volta. Entretanto é necessário um estudo de quanto representa o passo no motor

antes de sua utilização, já que a relação $\frac{360^\circ}{N^\circ \text{ de passos}}$ irá se modificar dependendo do modelo.

O primeiro é alimentado por uma tensão de 12 volts, enquanto motor utilizado na movimentação do acoplador é alimentado por uma tensão 5 volts, o controle é baseado na lógica PWM (Modulação de Largura de Pulso), na qual o sinal elétrico é alterado de tal forma que a amplitude do pulso signifique uma determinada de voltagem e uma velocidade de rotação.

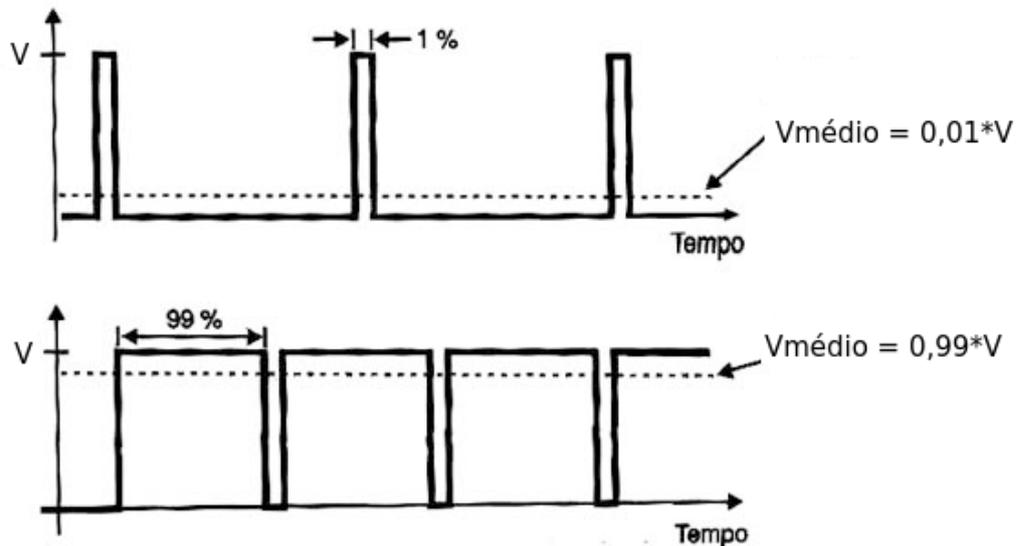


Figura 5- Controle do PWM

FONTE:

KeytrackerLimited. (1 de novembro de 2019). *keytracker.com*. Fonte: Key Tracker: <https://www.keytracker.com/videos>

A Figura 5 demonstra como a largura do pulso afeta na voltagem exercida no motor e conseqüentemente na velocidade de rotação (RPM).

3.2 COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO

O comando numérico computadorizado (CNC) é um sistema de controle de máquinas, atualmente bastante empregado em máquinas de usinagem. Baseado na leitura de arquivos CAD, o sistema comanda diversos motores em diferentes eixos para a fabricação da peça desejada.

Esse sistema tem uma grande importância para realização da automação do projeto, já que permitirá controlar um mecanismo de três eixos (quatro motores de passo) mais o motor utilizado a rotação em torno do eixo Z, a fim de fazer a logística de armazenamento dos slots.

3.3 ARDUINO

Criado em 2005, o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que permite uma fácil programação a um baixo custo, seu hardware “open source” permitiu que diversas empresas criassem modelos similares e componentes compatíveis. A programação é feita a partir da IDE (Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) e a linguagem utilizada é a C++

Tendo em vista essas funções existentes, o Arduino Mega 2560 R3 foi escolhido, devido a maior quantidade de entradas (portas digitais e analógicas). Apesar de ter uma maior robustez, essa placa limita-se a tensões de até 5 volts. Por causa dessa limitação, a alimentação de periféricos mais potentes deve ser realizada de maneira externa.

3.4 LABVIEW

O LabVIEW é uma linguagem de programação gráfica, criada pela National Instruments em 1986. Ela permite desenvolver interfaces de controle e medição, integrando com o banco de dados (MySQL) e com o Arduino. Sua plataforma é baseada em dois painéis: o “Front Panel” e o “Block Diagram”

O “Block Diagram” é onde se faz a programação, utilizando diversos blocos para criar o programa. Já o “Front Panel” é responsável pela interação com usuário,

ou seja, é ambiente onde o utilizador poderá analisar/inserir os dados. Dentre as principais funções utilizadas durante o projeto, temos os blocos de estruturas (Case Structure, While Loop e Event Structure), que permitem criar a lógica do sistema; os blocos de conectividade (DB Tools), que possibilitam a conexão com o banco de dados; e os blocos de instrumentos (VISA), que realizam a interação com o Arduino.

3.5 FIM DE CURSO

Amplamente utilizados em projetos de eletrônica como impressoras 3d, as chaves de fim de curso são de grande utilidade para se obter um maior controle sobre o mecanismo, evitando a propagação de erros. O sistema consiste em uma haste que, ao pressionada, muda o estado do circuito interno, criando um pulso no sinal enviado ao Arduino.

Internamente o sistema é feito com dois contatos, sendo que um deles é o normalmente fechado (NF) e o outro é o normalmente aberto (NA), demonstrado na Figura 6. Quando há o contato no rolete, o acionador movimenta as paletas metálicas que invertem o circuito.

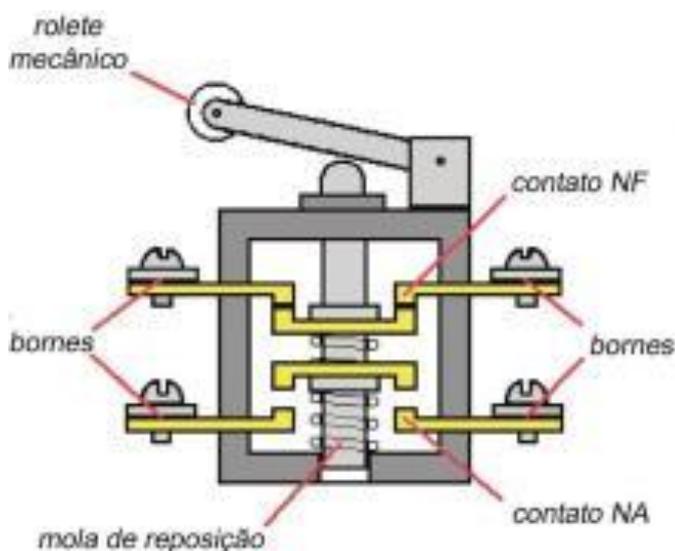


Figura 6- Chave fim de curso
FONTE: Apostila Unip – Eletropneumática (2012)

3.6 RELÉ

Seu funcionamento é similar com o da Chave de fim de curso (NA e NF). Entretanto, o controle é eletrônico e seu objetivo é permitir a passagem de corrente em determinadas situações. Devido a essa capacidade, os relés são muito usados em projetos com Arduino, já que as placas não são projetadas para gerar tensões acima de 5 volts.

3.7 IMPRESSÃO 3D

Tendo em vista que o projeto tem como sua principal característica a inovação, é necessário um método de prototipagem rápida e que permita executar as ideias propostas. Por essa razão, foi escolhido usar da impressão 3D em PLA, que é um dos métodos de manufatura aditiva mais disseminados atualmente.

Criado em 1988 por Chuck Hull, aprimorado com a tecnologia FDM (modelagem por fusão e deposição), a impressora 3D vem ganhando bastante espaço devido a sua recente entrada no domínio público.

Os modelos convencionais funcionam devido a tecnologia FDM (modelagem por fusão e deposição), ou seja, utilizando a movimentação nos eixos XYZ e a lógica de controle de CNC, o bocal funde o filamento e o deposita de forma a criar uma fina camada de material. Com a repetição desse processo é possível a prototipagem rápida de modelos virtuais.

4 O GUARDA-CHAVES

O guarda-chaves (Figura 7) é dividido em 4 partes: o armazenamento, a movimentação, o sistema de acoplamento (S.A) e a interface com o usuário. O S.A e a movimentação serão representados posteriormente.

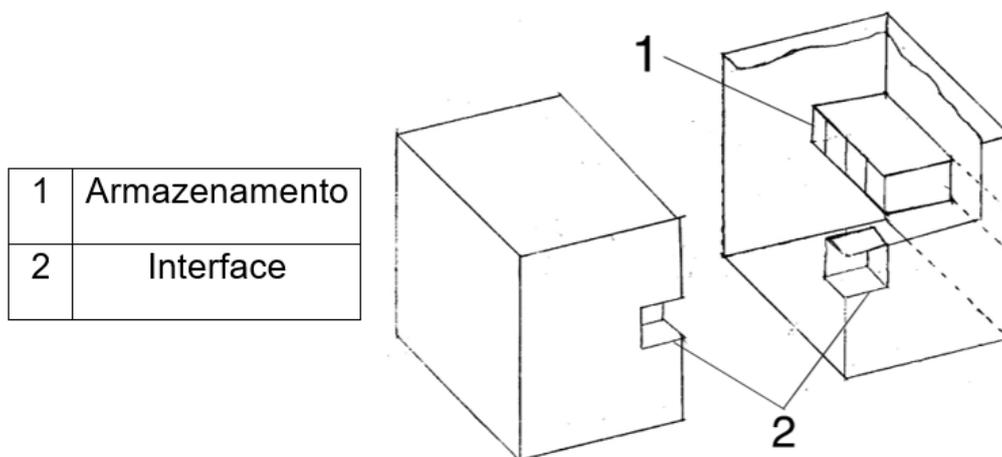


Figura 7- Esboço guarda-chaves

4.1 O ARMAZENAMENTO

As chaves serão armazenadas em recipientes chamados de “Slots”, que possuem um volume interno de 80X42X33 mm, na parte frontal um batente com uma placa de aço e duas reentrâncias (Figura 8) para realizar o contato com o sistema de acoplamento (4.3).

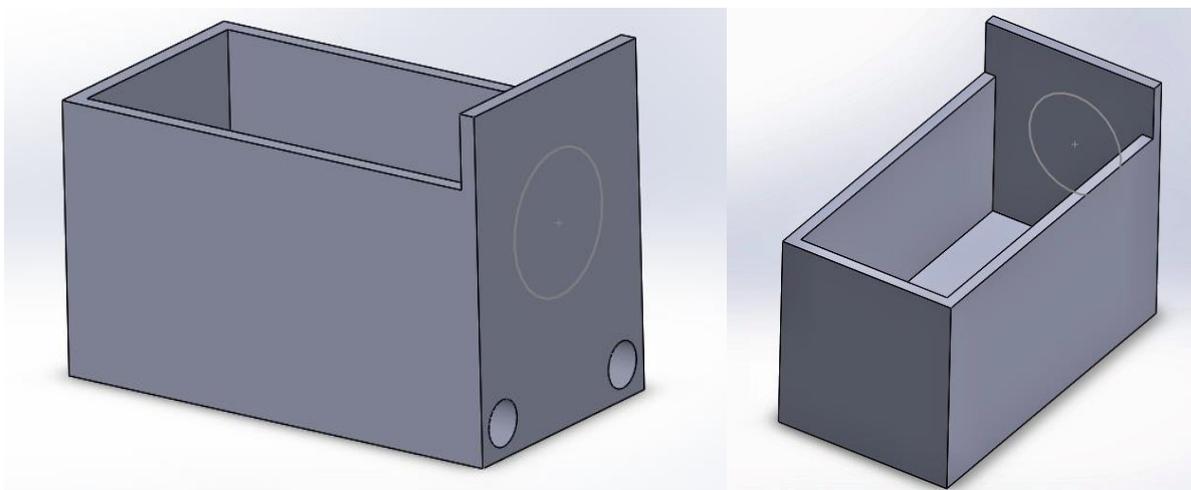


Figura 8- Conceito do Slot

Os Slots são guardados em compartimentos de 50mmx50mm igualmente espaçados chamados “colmeias”. A sua parte interna é de madeira revestida de fórmica para gerar uma superfície lisa, com o menor atrito possível. O seu espaçamento é de 57mm (50 internos + 6 de espessura), sendo aparafusado na parede entre o guarda-chaves e o guarda-volumes. Nesse protótipo será fixada uma colmeia com capacidade para cinco Slots.

4.1.1 Modificações

Durante a realização dos ensaios de movimentação, ficou evidente que o mecanismo necessitava de uma alta precisão para o seu funcionamento, razão pela qual se optou por modificar o modelo do Slot, conforme a Figura 9. Esse novo protótipo, devido ao aumento das reentrâncias e ao abaloamento da geometria da caixa, permite uma maior tolerância, já que o sistema tende a convergir para a posição correta.

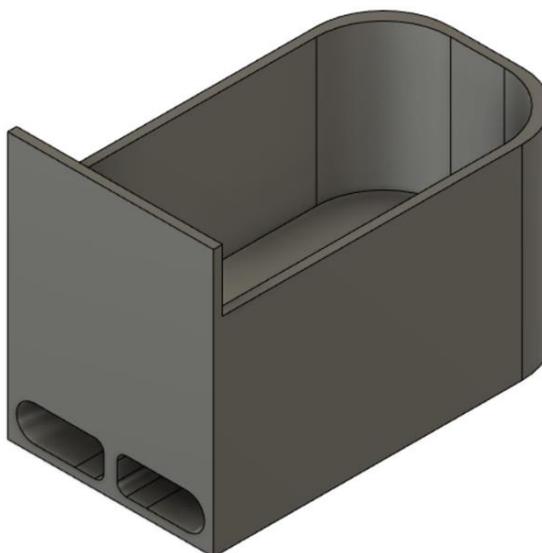


Figura 9- Projeto Slot

4.2 A MOVIMENTAÇÃO

A movimentação dos Slots do armazenamento para a interface e vice-versa é adaptado de um projeto de CNC de usinagem. O mecanismo conta com quatro motores de passo, perfis em Alumínio, fusos, rolamentos, entre outros componentes.

Apesar de originalmente, ter como objetivo usinar objetos, ao adaptar a parte que levaria a máquina de corte, é possível transformá-lo em um sistema de movimentação de pequenas cargas em três eixos ortogonais XYZ.

A CNC escolhida (Figura 10) foi criada e disponibilizada virtualmente pelo polonês Nikodem Bartnik. A facilidade de obtenção do projeto e a precisão da máquina (movimentação por fuso) foram essenciais para a escolha. Entretanto, como a movimentação ao longo do eixo Z não atende aos requisitos necessários, ela será modificada para permitir a rotação nesse eixo.



Figura 10- CNC de usinagem
FONTE: Drive compartilhado pelo Nikodem Bartnik

Além dessa modificação, como mencionado anteriormente, em vez de utilizar uma ferramenta de corte será acoplado um sistema que permitirá transportar os slots.

4.3 MONTAGEM DA CNC

Como citado anteriormente, as etapas na montagem dessa máquina serão demonstradas tendo como referência os arquivos disponibilizados pelo Nikodem Bartnik.

Após realizar a aquisição dos componentes mecânicos e eletrônicos e encomendar as partes impressas em 3d, começou o processo de ajuste das peças.

4.3.1 Quadro Inferior

Sendo composto por seis guias lineares (2 de 600mm e 4 de 300mm), o quadro inferior é responsável pela sustentação e estabilidade da máquina. Como demonstrado na Figura 11, as conexões são feitas por meio das peças em 3d e fixadas por parafusos allen 6mm. Os furos foram feitos com uma furadeira de bancada, e posteriormente as roscas com um jogo de machos específicos.



Figura 11- Quadro Inferior

4.3.2 Adaptação das Peças

O projeto utiliza como principal método de fixação a interferência, fazendo com que o ajuste entre as peças prototipadas e as peças finais (rolamentos e eixos) tenham que ser feitas de forma precisa. Com a falta de equipamentos de precisão, a solução encontrada foi utilizar dois tipos de limas (Figura 12), uma triangular e um cilíndrica, para realizar o desbaste do PLA manualmente.



Figura 12- Limas Dexter

Como o objetivo era realizar a fixação por interferência, o encaixe entre as peças foi realizado usando um torno de bancada. As peças foram apoiadas em gabaritos de madeira para evitar a aparição de defeitos nos componentes. Além disso, foi necessário ajustar os fusos para as medidas do projeto, sendo eles cortados com uma serra de mão e em seguida esmerilhados.

4.3.3 Parte Superior

Com todos os rolamentos pré-montados nas peças em 3d, o próximo passo é fixar os eixos retificados no mecanismo e montar cada eixo por vez. Terminado esse processo é preciso passar os fusos e acoplar nos motores de passo.

4.4 SISTEMA DE ACOPLAMENTO

Para realizar o acoplamento é necessário refazer a peça responsável pelo movimento do eixo Z. Com essa modificação, o novo conjunto é composto por 3 peças principais: o “Suporte eixo z”, o “fixador” e o “acoplador” (Figura 13).

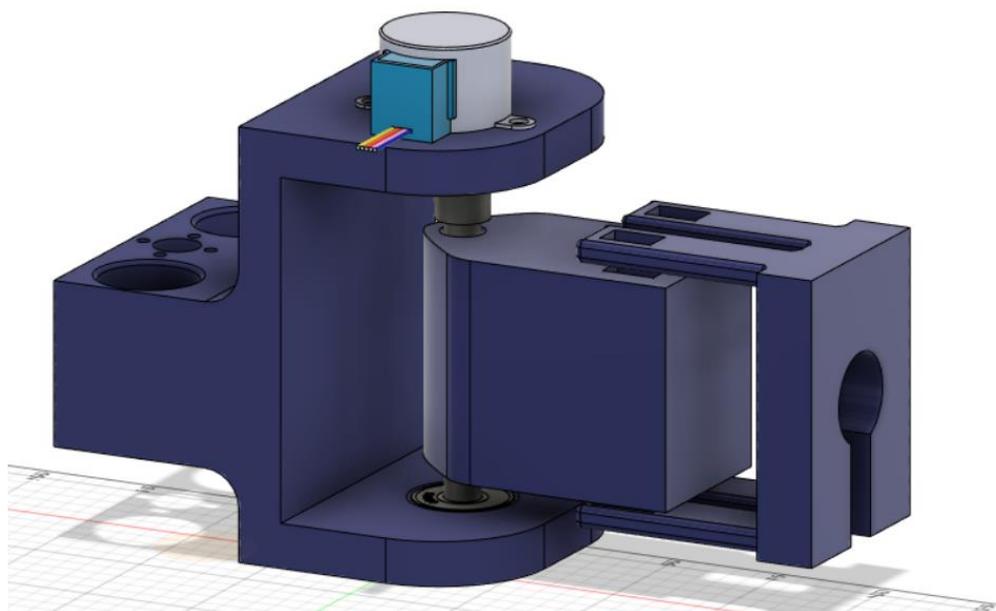


Figura 13- Sistema de acoplamento

4.4.1 Suporte Eixo Z

Seguindo como base o projeto do Nikodem Bartnik, foi adaptada uma peça que tem como função, além de realizar a movimentação ao longo do eixo Z, permite a rotação em torno do mesmo (Figura 14).

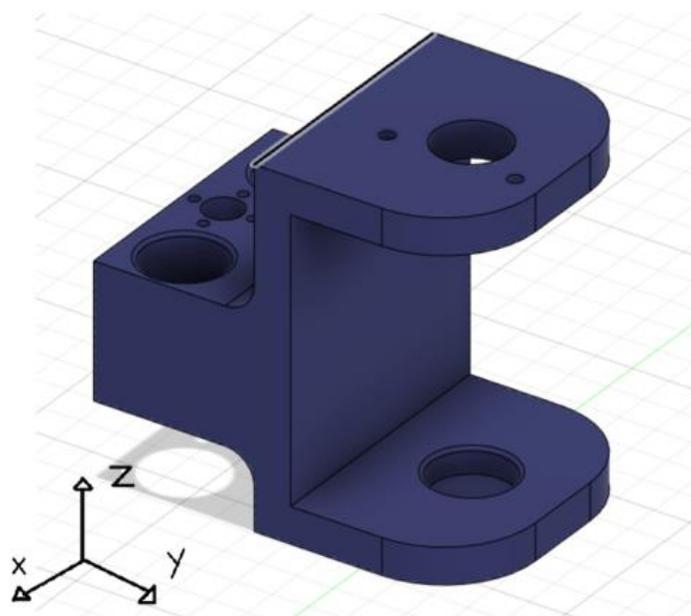


Figura 14- Suporte eixo Z

A parte frontal da peça é projetada para receber um rolamento radial na base, um eixo retificado no centro e um acoplador mecânico junto com o motor de passo na

parte superior. Esse conjunto é o responsável por realizar a rotação, enquanto a parte posterior a translação, por meio de rolamentos lineares localizados nos furos passantes.

4.4.1.1 Análise do protótipo

Após realizado o conceito do projeto, foi utilizado o método de impressão 3d em poliácido láctico (PLA) devido a sua boa resistência mecânica e à rapidez de fabricação. O rebaixo localizado na parte inferior da peça, especificado para alojar o rolamento radial 608zz (Figura 15) não ficou dentro das especificações. Tendo em vista esse problema, foi necessário lixar o rebaixo manualmente, sendo o mesmo fixado usando um grampo. A dimensão interna do rolamento (8mm) foi utilizada como critério de escolha para a espessura do eixo cromado responsável pela a rotação em torno do eixo Z.

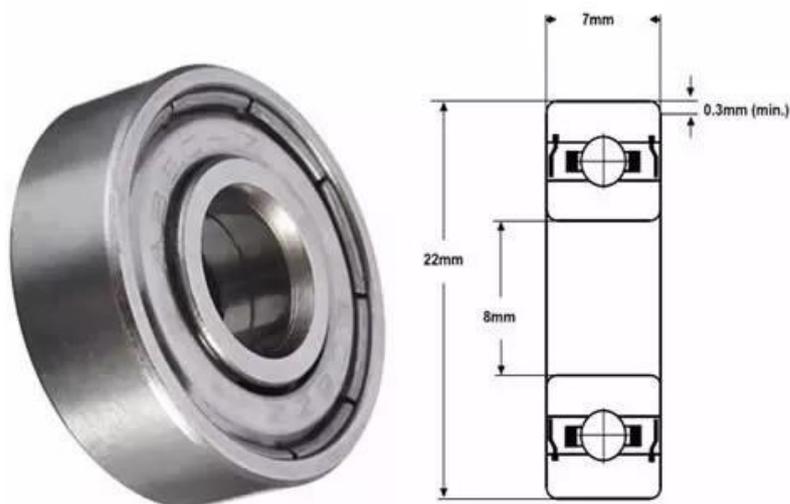


Figura 15- Rolamento 608zz

Na parte posterior, os rolamentos lineares ficaram com folga, e, portanto, foram adicionadas camadas na espessura usando fita adesiva até conseguir fixar por interferência.

4.4.2 Acoplador

Responsável por fixar o slot durante a movimentação, o acoplador é uma das peças de maior importância do projeto.

4.4.2.1 Projeto inicial

O acoplador (Figura 16) tem em seu centro um suporte para alojar o eletroímã, duas saliências que conferem alinhamento e suporte ao sistema, e um canal na parte traseira para permitir a passagem da fiação necessária.

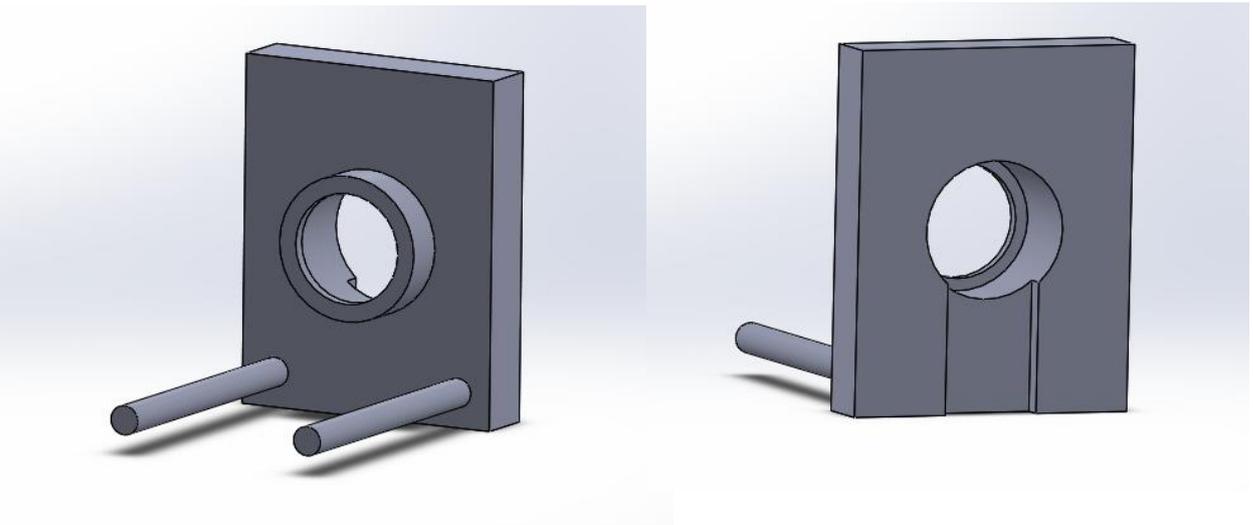


Figura 16- Conceito do acoplador

Ao iniciar a operação, o motor de passo irá rotacionar em 90° , orientando-se para o plano do armazenamento, após movimentar no eixo os cilindros (saliências) do acoplador encaixarão nas reentrâncias do slot (Figura 17 e Figura 18), com isso o eletroímã é acionado para gerar a fixação necessária e finalizar o acoplamento.

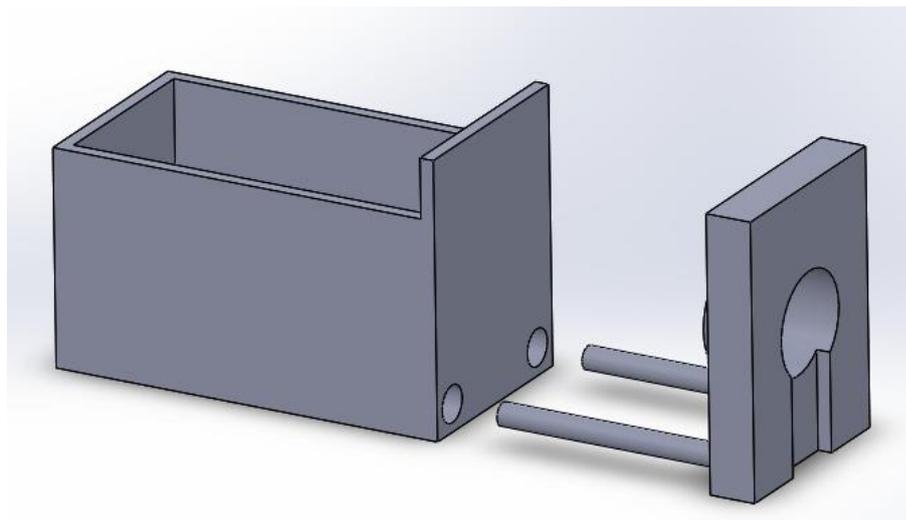


Figura 17- Acoplamento do conjunto I

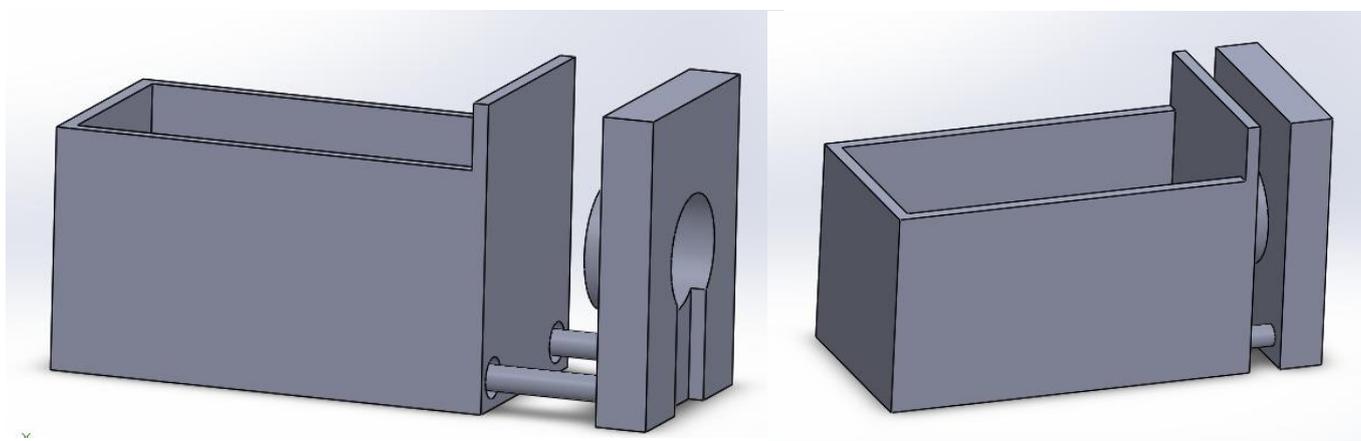


Figura 18- Acoplamento do conjunto II

4.4.2.2 Análise do protótipo

O primeiro protótipo apresentou uma alta rigidez (Figura 19), entretanto ao introduzir o eletroímã percebeu-se que o ressalto existente no suporte central inviabiliza a atração eletromagnética entre a face metálica do slot e o solenoide. Além disso, ao longo do tempo ocorreu uma fissura na base dos cilindros.

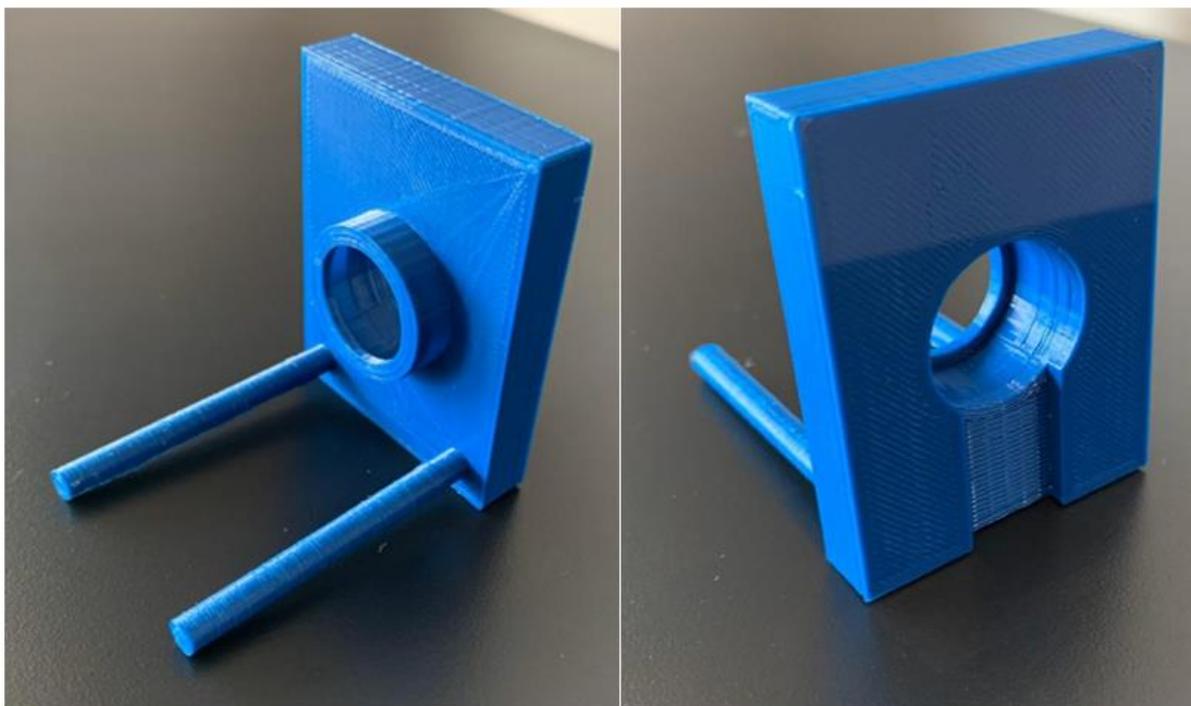


Figura 19- Protótipo do acoplador

4.4.3 Modificações

Foi necessário modificar o suporte do eletroímã, além de adicionar um apoio para a sua fixação junto ao projeto. A Figura 20 demonstra que a solução encontrada foi utilizar o furo rosqueado existente na parte posterior do solenoide, assim possibilitando um contato direto entre a peça e a interface metálica. E os pinos de alinhamento em PLA foram substituídos por furos, onde futuramente serão introduzidas hastes de plástico.

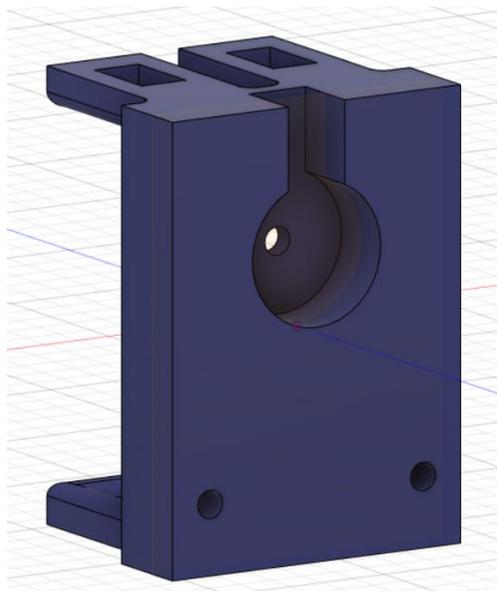


Figura 20- Projeto acoplador

4.4.4 O Fixador

Tendo em vista a necessidade de unir o eixo retificado com o acoplador, o fixador (Figura 21) foi projetado para que permita realizar a manutenção do acoplador sem a necessidade de desmontar o suporte do eixo Z . A união com o eixo é feita por interferência, enquanto com o acoplador é feita com porca-parafuso, conforme apresentado no APENDICE B.

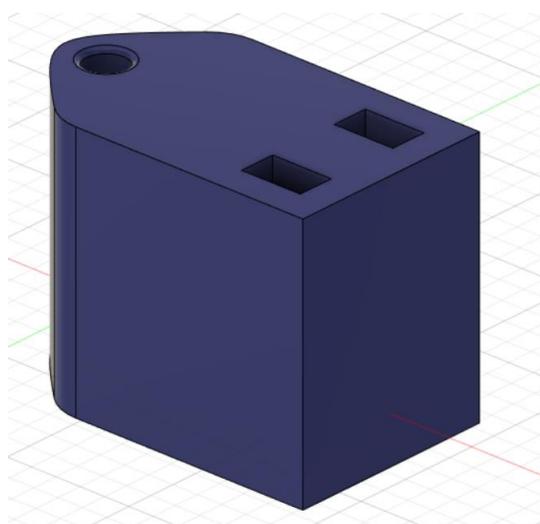


Figura 21- Fixador

4.5 A INTERFACE

Devido ao seu contato direto com o usuário, a interface foi pensada para evitar problemas de mau uso, ergonomia e ser de fácil utilização. A cavidade interna foi projetada para permitir que o usuário tenha acesso a sua chave, com o mínimo de interferência possível no sistema de movimentação.

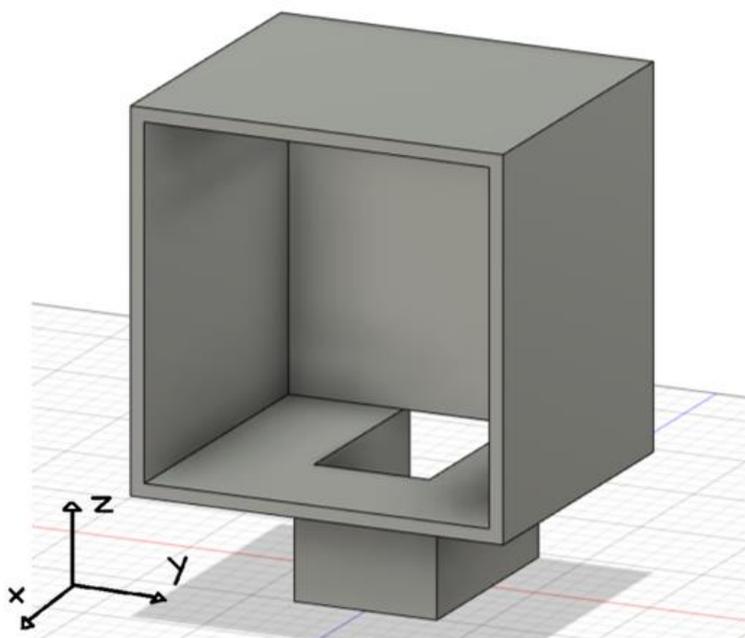


Figura 22- Projeto da interface

A Figura 22 demonstra a parte frontal, onde o morador terá acesso para realizar o gerenciamento de suas chaves. O modelo foi fabricado em compensado para diminuir o custo do protótipo, e seu posicionamento foi definido de maneira que o recipiente do Slot se mantenha no plano do armazenamento. Essa escolha tem como objetivo restringir a movimentação no plano XY.

4.6 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO GUARDA-CHAVES

Os esboços a seguir (Figura 23 e Figura 24) têm como objetivo demonstrar a movimentação das peças e o seu posicionamento no conjunto.

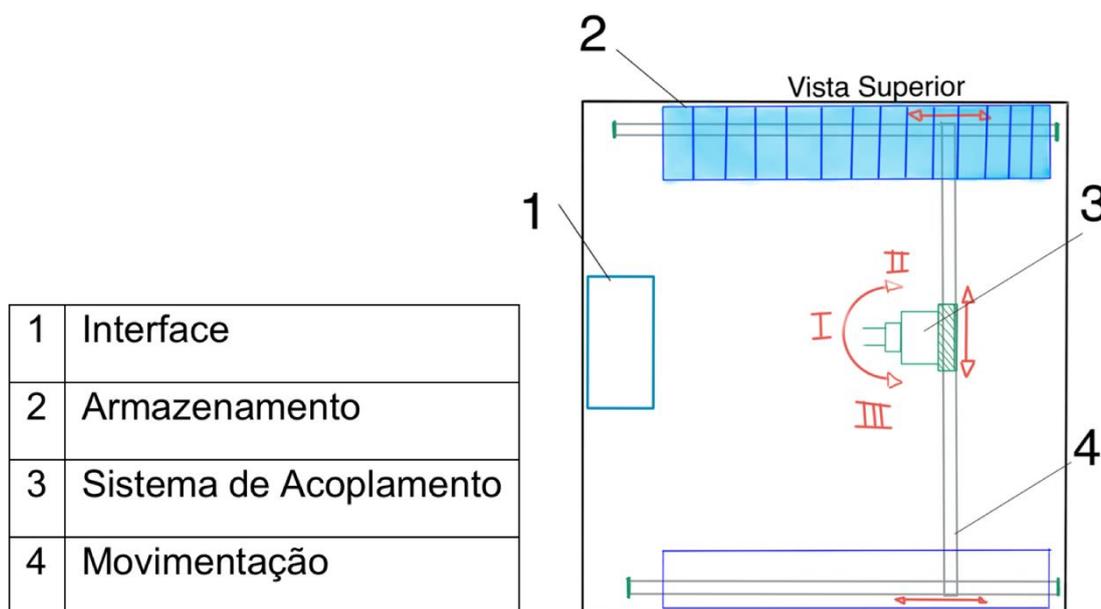


Figura 23- Demonstrativo do Sistema

Assim, a rotina do mecanismo para realizar a entrega das chaves é:

- Rotacionar o acoplador
- Movimentar os eixos até o armazenamento
- Aproximar e acionar o eletroímã
- Movimentar os eixos até a interface

A Figura 24-A demonstra a etapa onde o acoplador, após rotacionado, se aproxima do Slot para realizar o acoplamento. Nesse procedimento, a fixação com o sistema é garantida pela força de atração magnética exercida pelo eletroímã. Após esse passo, a Figura 24-B representa a aproximação com a interface, onde o cliente poderá realizar a gestão de suas chaves.

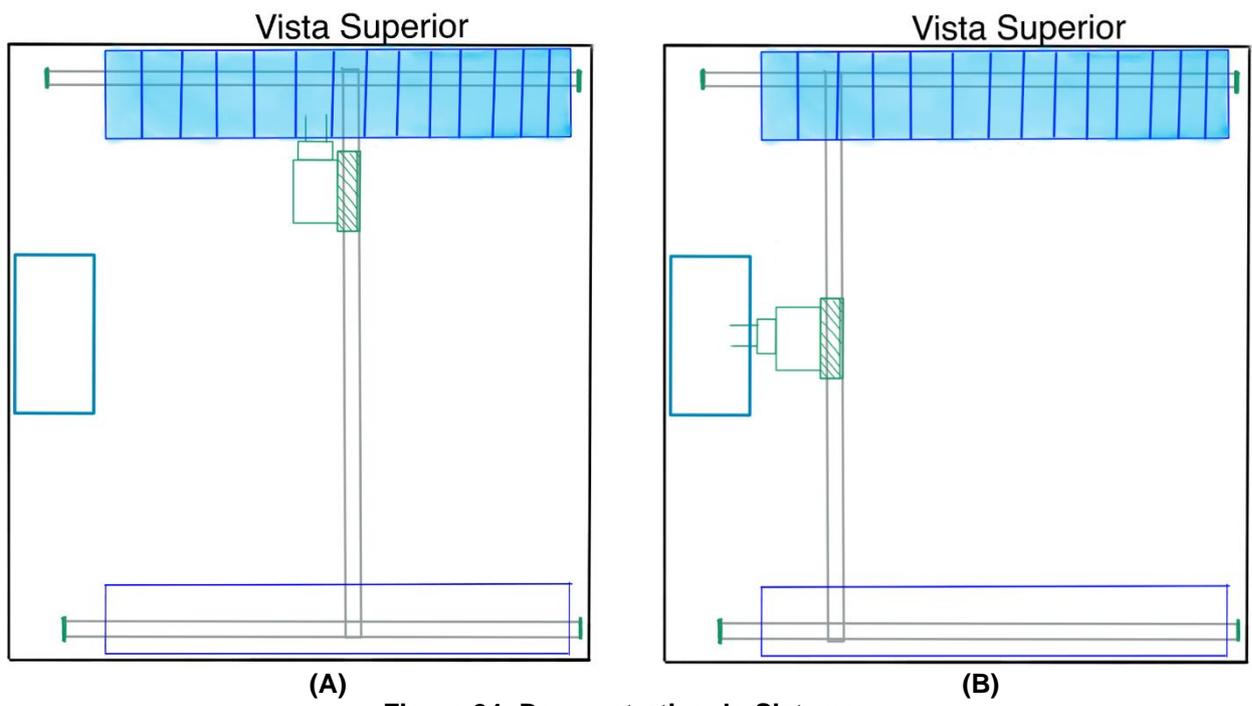


Figura 24- Demonstrativo do Sistema

5 INTERFACE DIGITAL

A interface permitirá que o usuário, a partir do número do apartamento e senha, administrar suas encomendas e chaves. O monitor irá gerar os comandos para o guarda-chaves e o guarda-volumes. A lógica do sistema pode ser ilustrada pelo fluxograma (Figura 25), sendo dividido em:

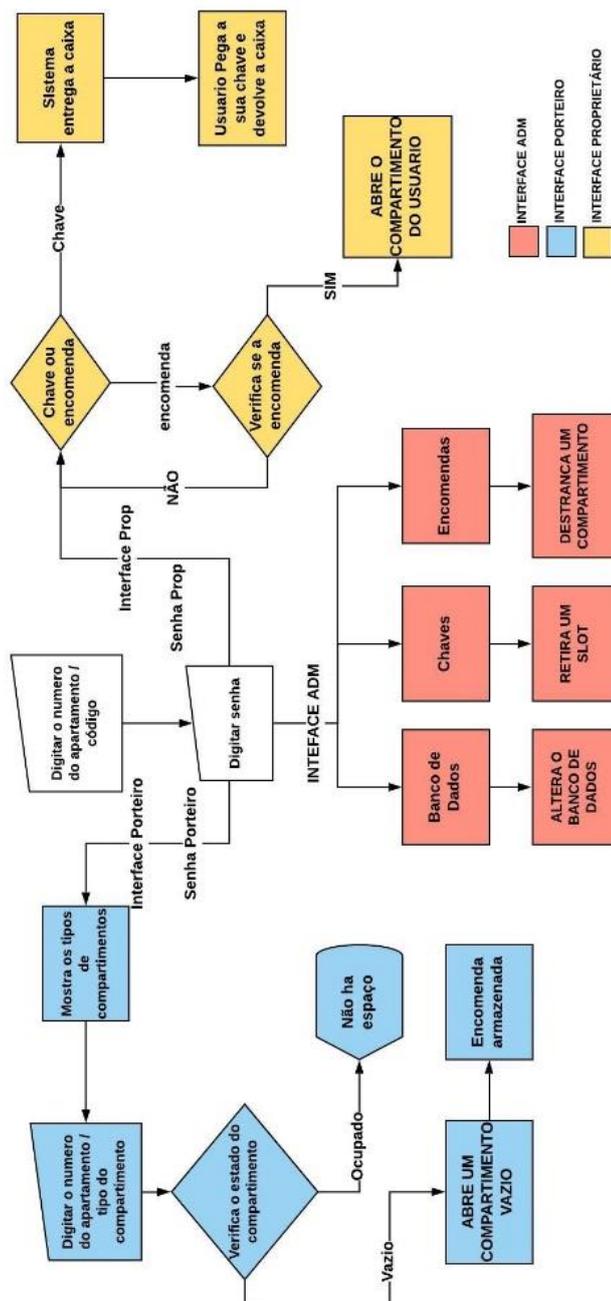


Figura 25- Fluxograma do sistema

5.1 INTERFACE PORTEIRO

Os porteiros têm a função de armazenar as encomendas dos moradores no guarda-volumes, não tendo acesso à parte do guarda-chaves (Figura 26). Quando receber um pacote, o porteiro deve digitar a identificação e senha próprias, assim cada funcionário será identificado pelo sistema.

Após esse passo, seguindo o fluxograma azul, o programa mostrará as opções de compartimentos vazios, sendo papel do funcionário escolher a opção que melhor encaixa com as dimensões do pacote e digitar o número do apartamento (descrito na encomenda). Com isso, o compartimento se abrirá, e, após o fechamento da porta, apenas o responsável pela unidade ou o síndico do condomínio terão autoridade para destravar o compartimento.

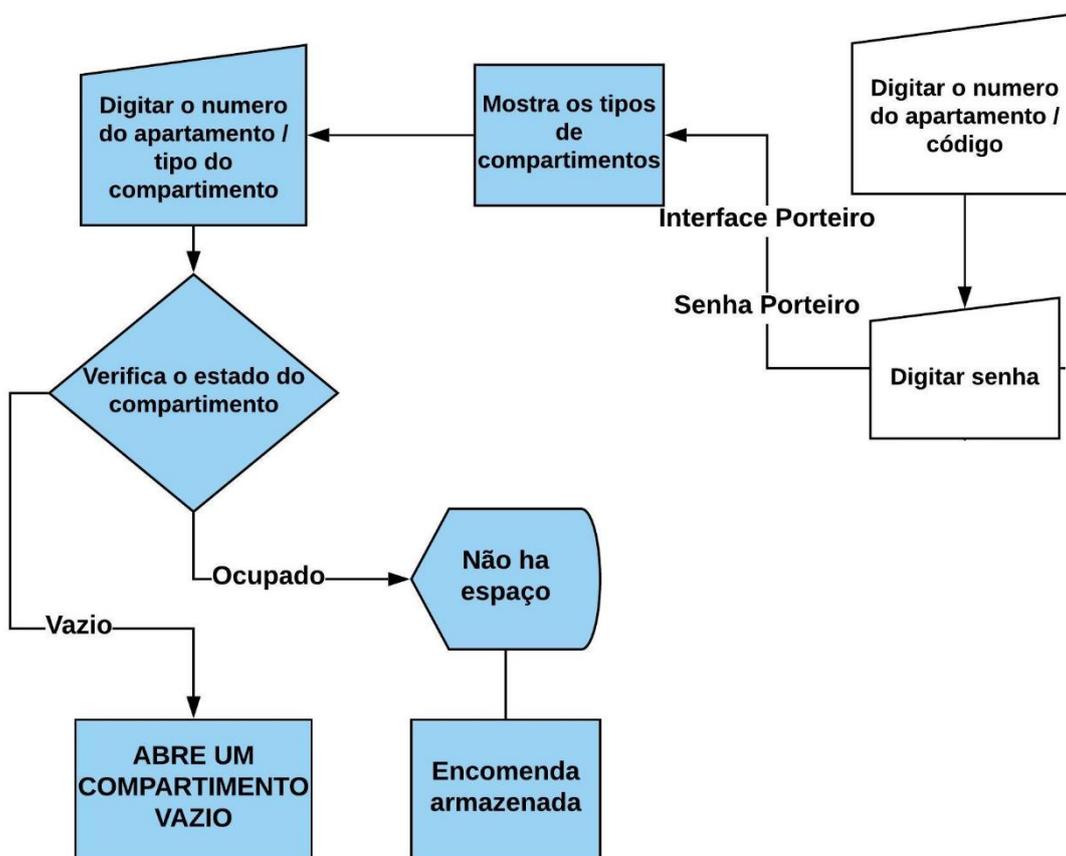


Figura 26- Fluxograma porteiro

5.2 INTERFACE MORADOR

Os moradores terão total controle sobre o guarda-chaves, entretanto só poderão retirar as encomendas do guarda-volumes (Figura 27). Essa medida tem como objetivo evitar que usem o guarda-volumes como forma de “armário pessoal”, o que inviabilizaria o projeto, já que os compartimentos ficariam ocupados por tempo indeterminado. Após colocado o número da unidade e senha, o usuário escolherá entre acessar o seu Slot ou retirar sua encomenda, conforme demonstrado no fluxograma amarelo.

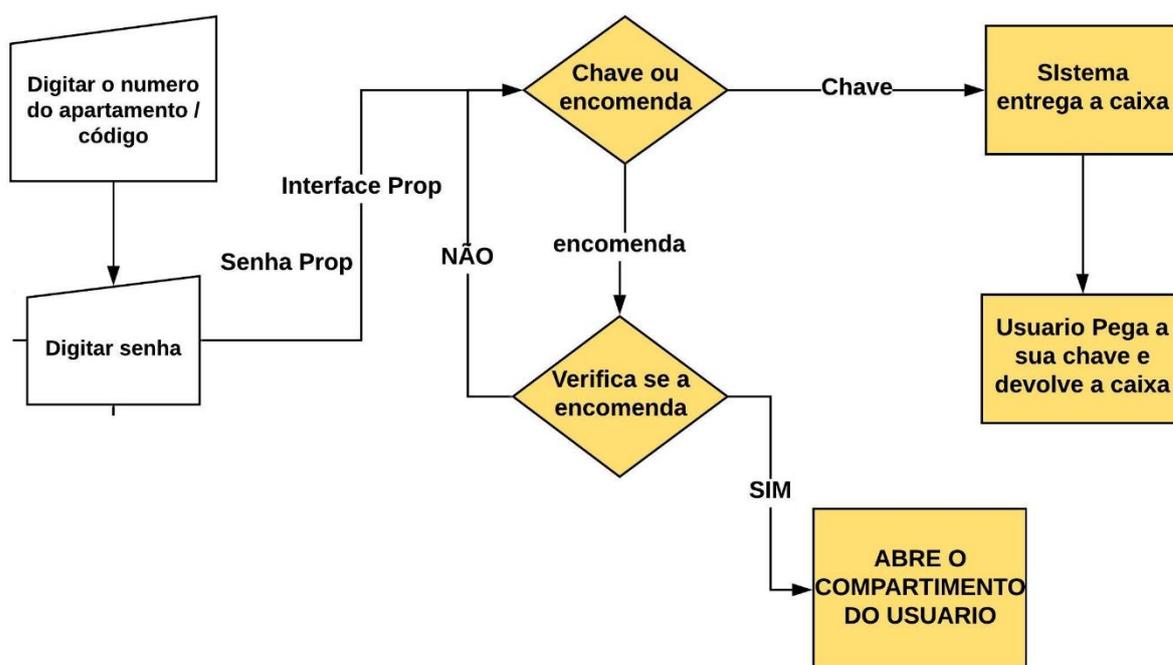


Figura 27- Fluxograma proprietário

5.3 INTERFACE ADMINISTRAÇÃO

A administração (ADM), representada pela figura do síndico (fluxograma vermelho) tem total acesso ao guarda-volumes, o que possibilita fazer um controle sobre encomendas que estão há muito tempo sem serem entregues, abrir compartimentos que foram endereçados de maneira incorreta e gerenciar o cadastro dos usuários. Em casos de emergência, o síndico pode utilizar de uma senha mestra para retirar as chaves dos apartamentos, e, dessa forma, evita-se o esforço e o dano

patrimonial de arrombar uma porta, como, por exemplo, em caso de suspeita de incêndio. Além disso, há a função de Banco de Dados, onde o síndico poderá manter o sistema atualizado (Figura 28)

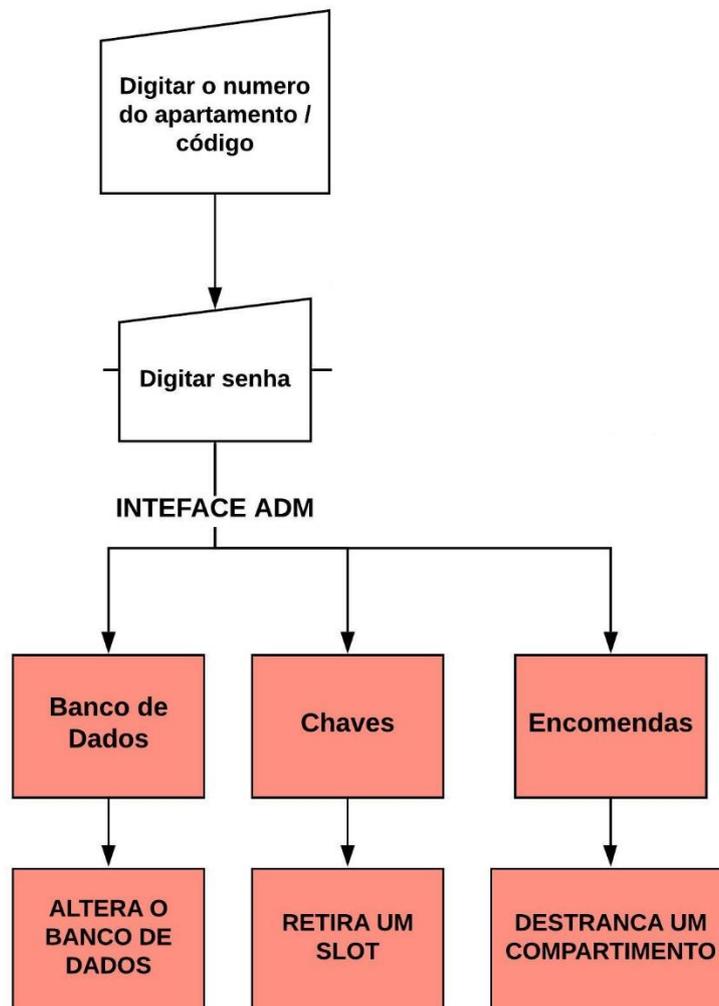


Figura 28- Interface administração

6 GUARDA-VOLUMES

O guarda volumes é baseado no edital dos correios sobre a “caixa de correio inteligente”, o seu controle será realizado pela interface digital. Os compartimentos internos foram projetados com base na Tabela 1:

Tabela 1- Tamanho da encomenda

Tamanho da Encomenda	Profundidade (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
Pequeno	480	320	80
Médio	480	320	160
Grande	480	320	280

Tendo em vista o tamanho do protótipo, os compartimentos foram adaptados para diminuir o peso e volume, facilitando no transporte e demonstração do mecanismo, conforme Tabela 2

Tabela 2- Tamanho do compartimento

	Profundidade (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
Pequeno	700	300	140
Médio	700	300	200
Grande	700	300	360

Além disso, será adotado um espaçamento de 2 mm na lateral e na vertical.

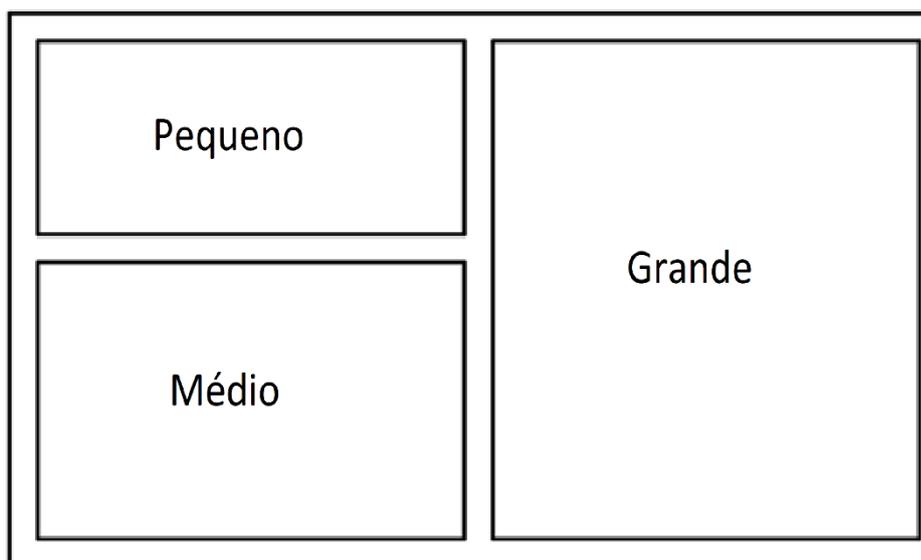


Figura 29- Exemplo de configuração dos compartimentos

Conforme o esboço da Figura 29, uma das configurações possíveis é utilizar 1 recipiente grande, 1 médio e 1 pequeno, formando um compartimento de 400 mm de altura e 650 mm de largura. Os tamanhos e formatos dos recipientes podem ser alterados de acordo com a necessidade do cliente final.

7 CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS

A linguagem de Banco de dados utilizada é denominada Structured Query Language (SQL), e o servidor escolhido foi o MySQL.

7.1 MODELO ENTIDADE-RELACIONAMENTO (MER)

O MER é utilizado para permitir uma melhor visualização das entidades, seus atributos e relacionamentos durante a criação do banco de dados.

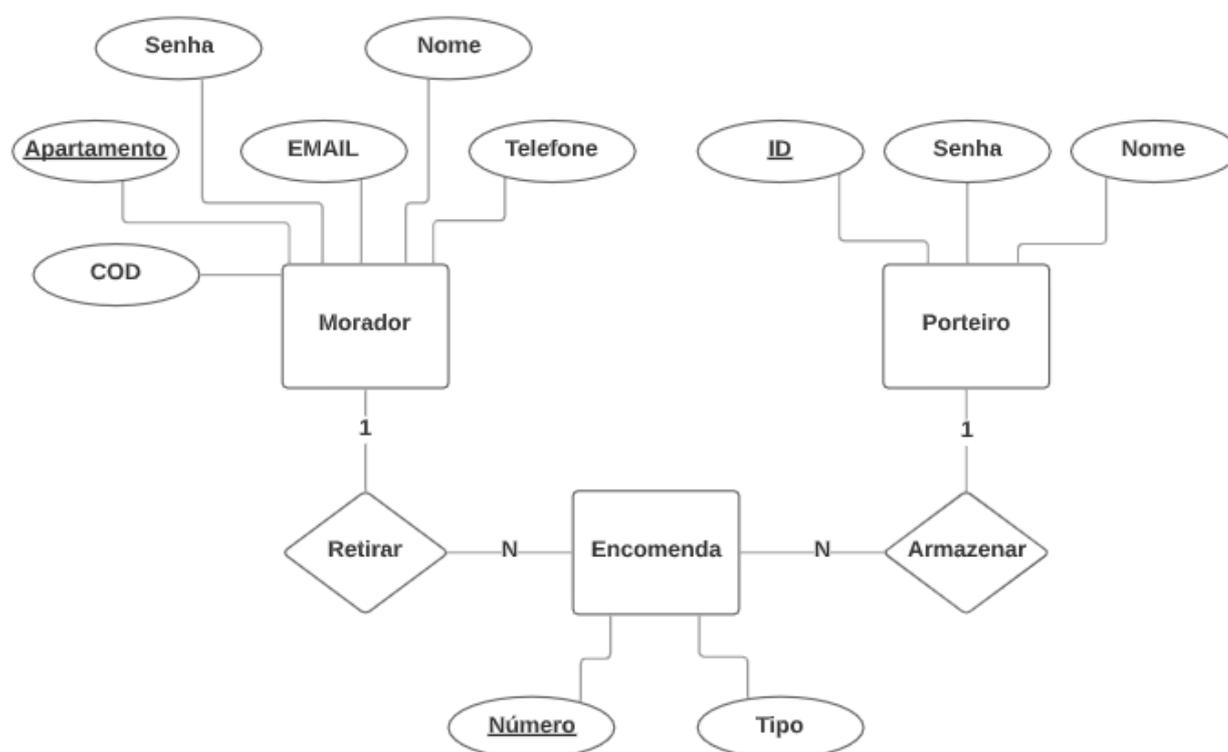


Figura 30- MER

A Figura 30 demonstra as principais entidades do projeto e é a partir dela que se deve estruturar as tabelas no banco de dados. Cada entidade é uma tabela única, e seus atributos (Nome, EMAIL, Tipo) são as colunas. Além disso é necessário definir um atributo identificador (Atributo-Chave) por entidade, ele é representado por uma elipse com texto sublinhado, e deve ser único, ou seja, não pode se repetir dentro da entidade (Apartamento, ID e Número).

“No MER, não é permitido ligar uma entidade diretamente à outra. Quando há uma associação, ela é representada por um relacionamento. O relacionamento no diagrama é apresentado na forma de um losango” - Sistema de Banco de Dados-Virgínia e Giselle Cardoso. Os relacionamentos são importantes para exemplificar as funções que serão exercidas, entretanto é necessário realizar a cardinalidade, pois permite expressar o número de ocorrências entre os processos.

Ao analisar a imagem percebe-se a cardinalidade 1:N entre Porteiro e Encomenda, que é traduzida pela frase: “um Porteiro pode armazenar várias encomendas” e a cardinalidade 1:N entre Morador e Encomenda, que se traduz como: “um Morador pode retirar várias encomendas”. Essas duas frases definem os parâmetros de acesso utilizados na Interface do software, como o fato de um porteiro apenas poder armazenar, e a possibilidade de haver mais de uma encomenda para o mesmo morador.

7.2 TABELAS

Seguindo o MER, foi criado três tabelas (Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5) com os atributos definidos previamente. Essas planilhas formaram a base do banco de dados dos mecanismos, sendo responsáveis por autenticar o acesso dos usuários e permitir realizar as operações de gerenciamento das chaves e dos volumes. Suas modificações serão realizadas pelas Sub Vi do LABVIEW, por meio de linha de códigos, para dinamizar a interface.

Tabela 3- Funcionários

APARTAMENTO	SENHA	NOME
6600	1000	ADM
9500	1000	TESTE
9999	1000	TESTE2
NULL	NULL	NULL

Tabela 4- Compartimentos

NUMERO	TIPO	MORADOR	PORTEIRO
1	P	NULL	NULL
2	M	NULL	NULL
3	G	1106	9999
NULL	NULL	NULL	NULL

Tabela 5- Moradores

APARTAMENTO	SENHA	EMAIL	NOME	TELEFONE	COD
503	1000	NULL	NULL	NULL	1
1000	1000	TESTE@GMAIL	TESTE1000	NULL	2
1106	1214	gabriellapotvargas@gmail.com	Gabriel Laport Vargas	996380139	3
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

7.3 CONEXÃO DO MYSQL COM O LABVIEW

No próximo capítulo, será abordado a utilização do LabVIEW e sua integração com o MySQL. Essa integração não é realizada de forma direta, mas sim através do Open Database Connectivity Driver e API (Figura 31).

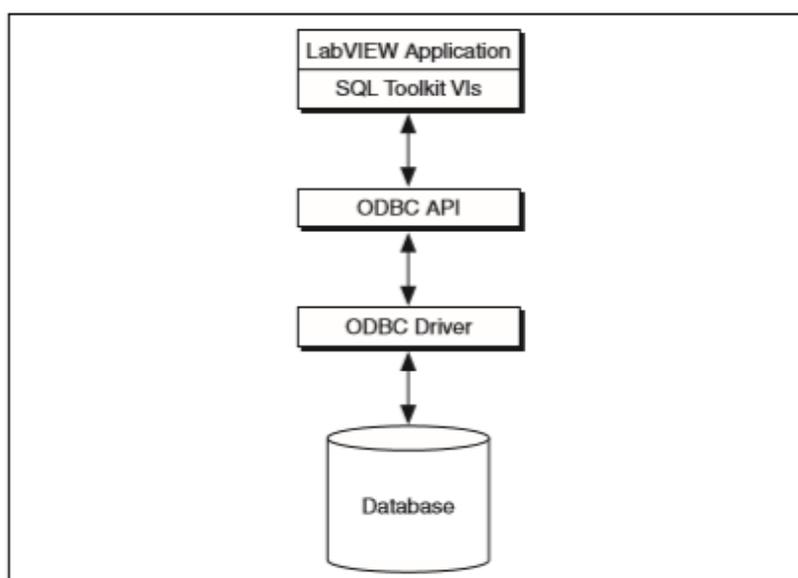


Figura 31- Integração do Banco de dados

A primeira etapa é baixar e associá-lo com o ODBC Driver com o Banco de dados através do DSN de usuário na área de ferramentas administrativas do painel de controle. Após adicionar o MySQL ODBC 8.0 Unicode Driver, é necessário criar um nome para o DSN (hope) e completar os parâmetros de acesso (User, Password e Database) para que assim possa realizar a conexão (Figura 32) .

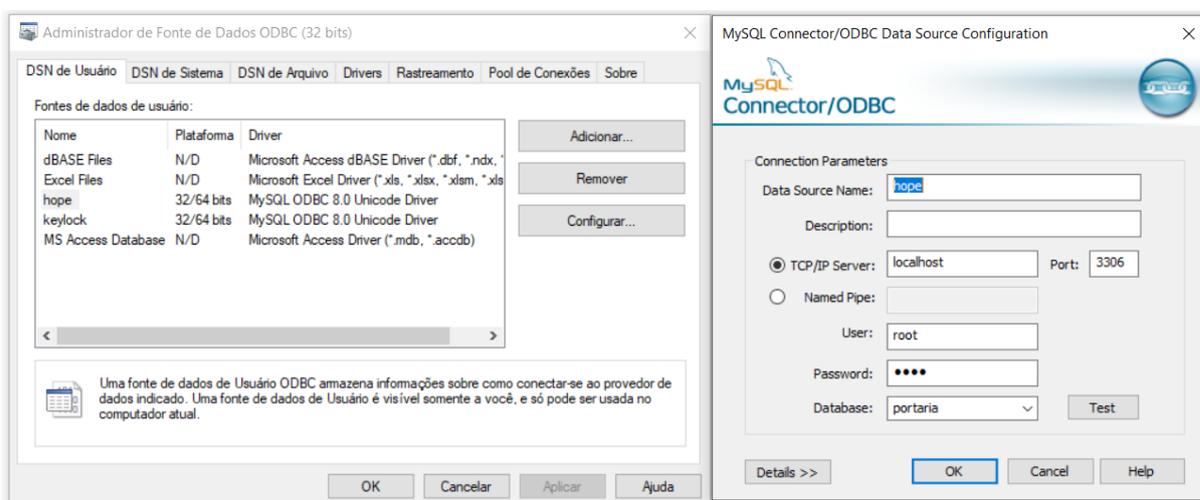


Figura 32- ODBC Driver

Passados essa etapa, é necessário criar um Microsoft Data Link file (.udl) para realizar o acesso entre o LabVIEW e o DSN. Para obter um arquivo em formato “.udl” basta renomear um arquivo de texto(.txt), mudando a sua extensão, nesse caso foi

renomeado por “esperanza.udl”. A partir desse novo arquivo, podemos associar com a fonte de dados (hope) e ao catálogo (banco de dados), conforme mostrado na Figura 33. Finalizado esse processo, a conexão estará completa com a utilização do LabVIEW.

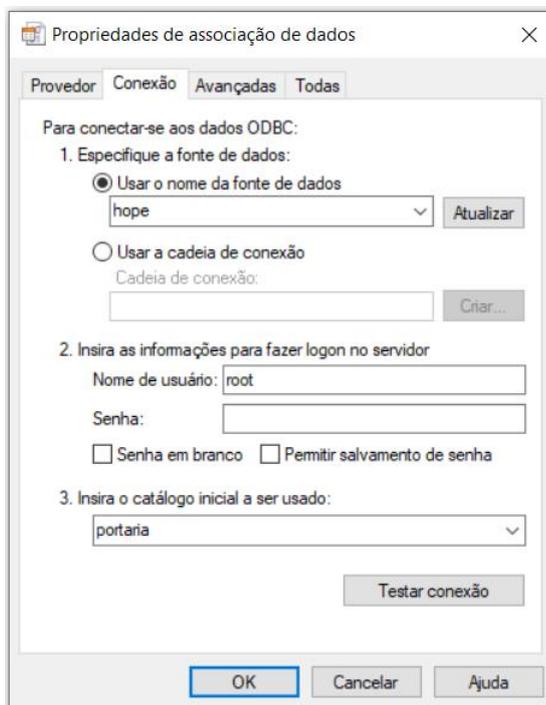


Figura 33- Arquivo .UDL

8 UTILIZAÇÃO DO LABVIEW

O LabVIEW funciona a partir de uma programação em blocos, permitindo assim, a criação da interface digital (Capítulo 5) idealizada neste projeto. Foi escolhido por sua fácil integração com o hardware da CNC (Arduino) e com o banco de dados (MySql)

8.1 PAINEL INICIAL

O primeiro programa (Painel Inicial) apresentado na Figura 34 é responsável por identificar o usuário por meio do ID/AP e da SENHA, e direcioná-lo para a sua respectiva interface (morador, porteiro ou Administrador).

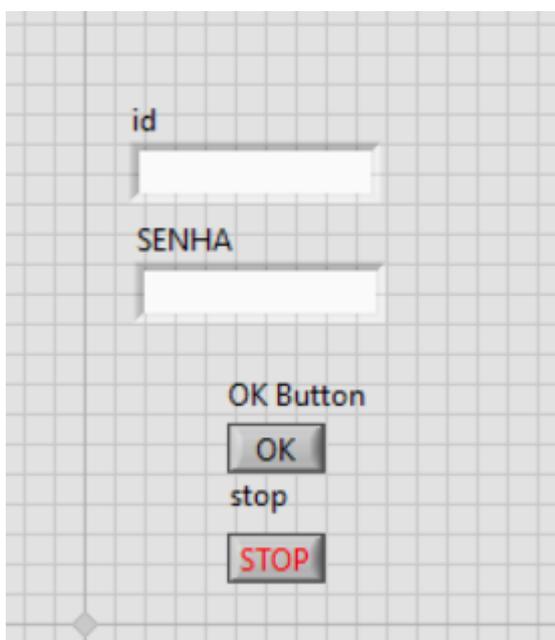


Figura 34- Painel inicial

Antes de começar a controle de acesso do usuário, é necessário realizar a integração com o banco de dados. Utilizando a ferramenta DB TOOL OPEN CONNECTION VI, basta referenciar o arquivo “.udl” onde se encontra os dados para começar a conexão (Figura 35)

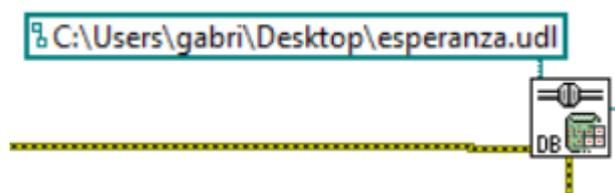


Figura 35- Bloco de conexão ao Banco de dados

O código se mantém em um estado de loop até ser pressionado o botão OK, com isso o Case Structure vai para True (verdadeiro) e é verificado se o usuário não deixou uma das strings em branco. Caso o valor inserido seja igual a vazio (" ") uma mensagem é enviada (Figura 36) para a interface avisando do ocorrido e reinicia o programa.

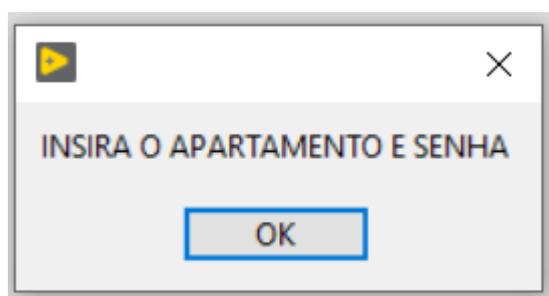


Figura 36- Aviso string em branco

Com ambos os dados inseridos o código identifica se o ID é referente a um morador, a um funcionário ou ao administrador. Para realizar essa diferenciação, pensou-se em uma maneira fácil de separar esses três grupos de forma que não houvesse duplicidade. Utilizando o ID do morador como o número da sua unidade, a ordem de grandeza desse grupo está entre o 100 e o 2300 (Prédio de até 22 andares), com isso, os funcionários teriam uma identificação entre 9000 e 9999 e o administrador uma numeração específica (6600).

Segundo a lógica de identificação, basta verificar se o ID do usuário é menor ou maior de 9000, a partir desse resultado o programa, por meio da DB TOOL EXECUTE QUERY VI, envia uma linha de comando para o banco de dados. O código (select SENHA from (porteiro/morador) where APARTAMENTO="%s";) seleciona a cédula SENHA da tabela PORTEIRO ou MORADOR onde na coluna APARTAMENTO tem-se um valor igual ao ID introduzido. Isso compara os valores de Login e Senha

com a planilha (morador ou porteiro). Caso o valor seja inválido, aparece uma mensagem de erro (Figura 37).

No caso do administrador, os seus dados de acesso estão presentes dentro da planilha porteiro, mas como o seu ID está pré-definido no código, ao verificar os dados o programa irá abrir sua interface específica. Por motivos de segurança, a interface do Administrador só pode ser acessada por um único usuário.

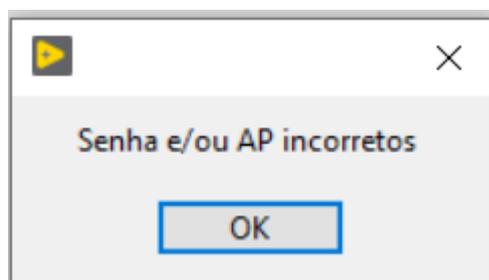


Figura 37- Aviso valores incorretos

Após o processo de verificação, o programa anota em um arquivo de texto (.txt) o valor do ID com a função replace (sobrescreve o valor anotado) (Figura 38) e por meio de um SubVI abre a interface do morador, da portaria ou do administrador, para que se possa ter a continuidade do funcionamento do software.

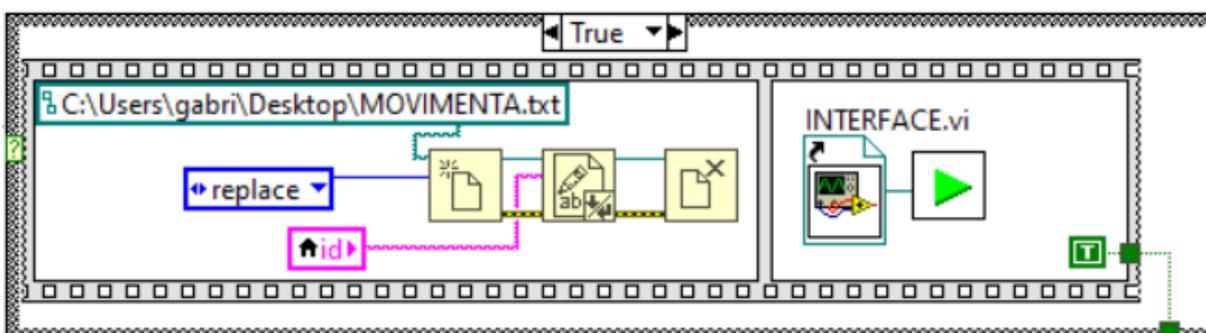


Figura 38- Bloco de conexão entre Sub Vis

8.2 INTERFACE PORTEIRO

Como visto no Capítulo 5.1, os funcionários são responsáveis pelo gerenciamento das encomendas. Baseado nisso, o sistema permite apenas que o usuário adicione encomendas aos compartimentos, ficando a retirada das mesmas sob responsabilidade dos moradores.

Numero	Tamanho	Apartamento	Cod Porteiro
"1"	"P"	""	""
"2"	"M"	""	""
"3"	"G"	"1106"	"9999"

Figura 39- Interface Porteiro

Do ponto de vista estético, conforme demonstrado na Figura 39, a interface mostra na parte superior a identificação do usuário, contém dois dados a serem introduzidos, o Apartamento e o Compartimento, um botão de OK, que inicializa, e o de Stop, que finaliza essa Interface e retorna para o painel inicial. No caso de o botão OK ser pressionado sem que os dados sejam devidamente completados aparecerá uma mensagem de aviso (Figura 40).

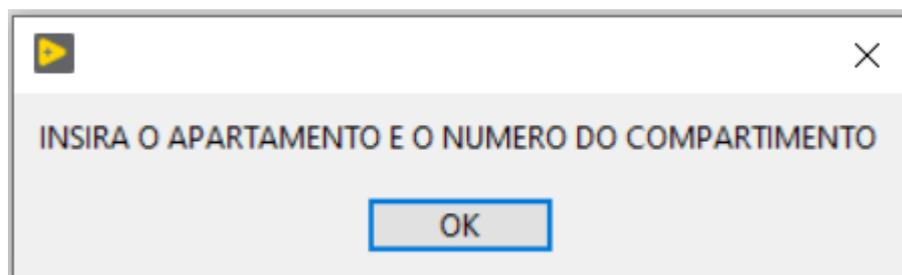


Figura 40- Aviso Sting em branco

Seguindo para o diagrama de bloco, o início do programa utiliza a mesma conexão com o banco de dados por meio do arquivo .udl, além disso abre uma conexão com o Arduino usando o bloco VISA SERIAL e lê o arquivo .txt onde se encontra o ID PORTEIRO (Figura 41).

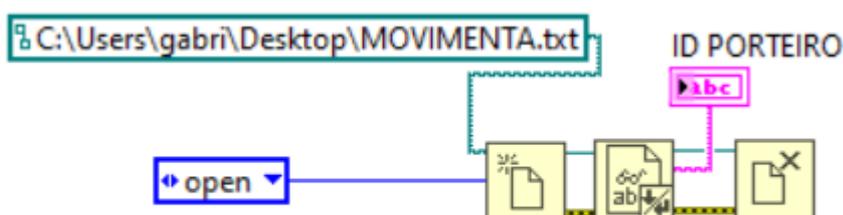


Figura 41- Bloco de checagem de ID

Ao inserir o número do apartamento destinado à encomenda e escolher o compartimento, começa o processo de verificação. Primeiro, o valor inserido é comparado com o banco de dados, caso não haja compatibilidade o aviso da Figura 42 é mostrado. A próxima etapa consiste em verificar se o compartimento escolhido já está ocupado, e caso positivo, o sistema retorna um aviso Figura 43. Em ambas as etapas, pressionar o botão ok irá retornar o loop para o início da programação da Interface Porteiro.

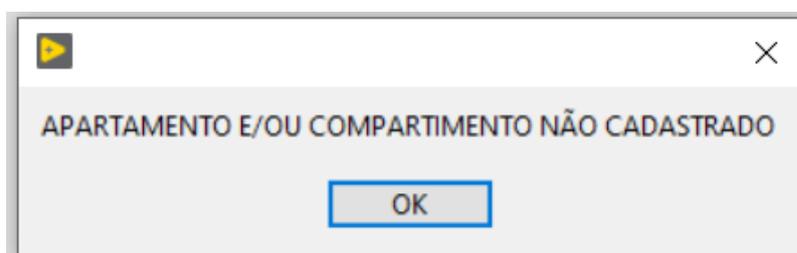


Figura 42- Aviso de não compatibilidade

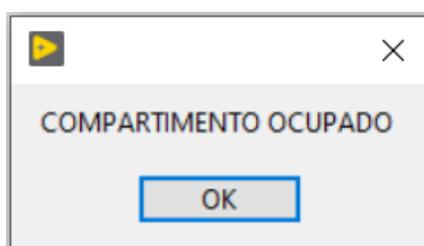


Figura 43- Aviso de compartimento ocupado

Passada as etapas de autenticação e checagem de disponibilidade, o Sub VI está pronto para realizar o armazenamento da encomenda. Uma mensagem de confirmação da operação é apresentada para reduzir os possíveis erros cometidos pelo usuário (trocar o número dos apartamentos ou escolher um compartimento incompatível com o tipo de encomenda), nesse caso o botão OK dá prosseguimento

com o código, enquanto o botão cancelar retornará para o início do programa (Figura 44) .

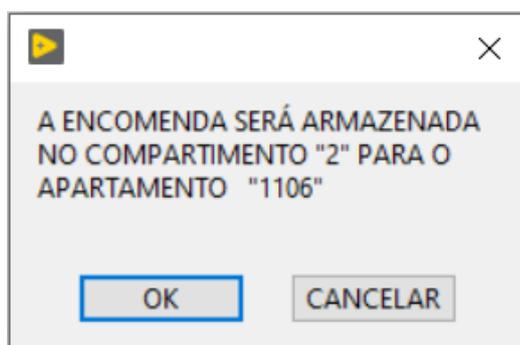


Figura 44- Aviso confirmação de armazenamento

Com a confirmação por parte do usuário, o código passa para sua etapa final, onde a VISA WRITE FUNCTION envia uma letra correspondente ao número do compartimento para o ARDUINO, liberando assim a trava solenoide. Concomitantemente, o banco de dados é atualizado (Figura 45). Essa modificação se faz necessária, pois é com ela que se registra qual APARTAMENTO (morador) terá o acesso para retirar a encomenda e qual foi o porteiro responsável pelo armazenamento. Com isso, o código finaliza as suas conexões com o banco de dados e com o ARDUINO.

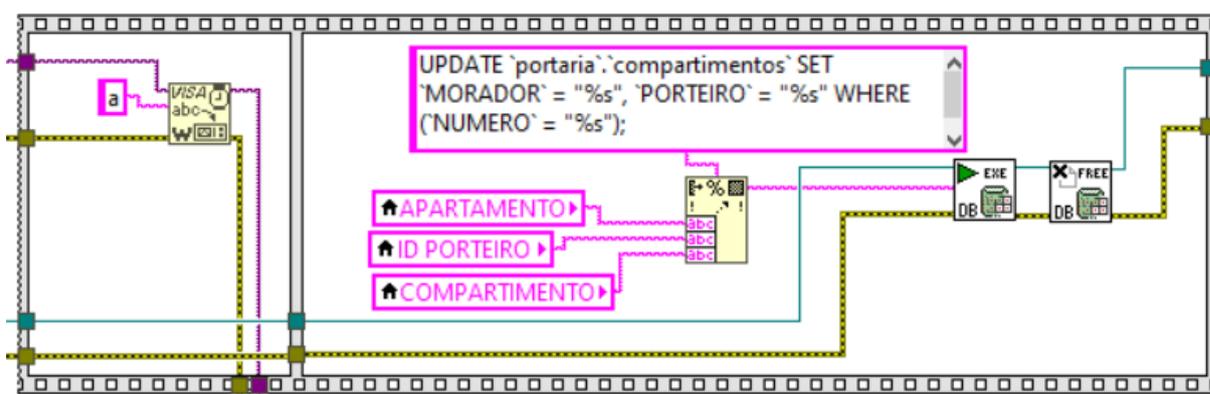


Figura 45- Bloco de atualização do Banco de dados

8.3 INTERFCE MORADOR

Baseado no fluxograma proposto no Capítulo 5.2, o morador tem acesso ao seu Slot, contendo suas chaves, e pode retirar suas encomendas quando for necessário. Com o acesso previamente autorizado pelo Painel Inicial (o sistema funciona analogamente à Interface Porteiro), inicia-se a conexão com o banco de dados e busca pelo arquivo .txt onde encontra-se o ID do usuário.

Com o objetivo de manter uma interação com o cliente que seja dinâmica e intuitiva, esse Sub VI desempenha suas principais funções a partir dos botões “CHAVES” e “ENCOMENDAS”. Além dessas funções, para manter a lógica do sistema, o ID é mostrado na parte superior e na parte inferior há o botão de confirmação de finalização do programa (“STOP”). O diagrama de blocos diferencia as operações utilizando a função Event Structure, que altera o tipo de programa a ser rodado baseado nos eventos pré-definidos (botões “CHAVES” e “ENCOMENDAS”). Sendo assim, podemos dividir o detalhamento do programa em 2 Casos: Pegar as Chaves (Chaves) e retirar as encomendas (Encomendas).



Figura 46- Interface morador

8.3.1 Chaves

O caso “Chaves” tem como objetivo enviar comandos para que a CNC permita o acesso seguro ao Slot de chaves do usuário, permitindo o mesmo possa administrar

o seu conteúdo. Essa operação tem que ser realizada em duas etapas: a entrega das chaves e o seu armazenamento. Ao clicar no botão “CHAVES” o programa utiliza-se do ID MORADOR para realizar a busca no banco de dados do código de localização. Esse número será enviado para a porta serial, através do comando VISA WRITE, e utilizado na programação do Arduino para referenciar a posição da “caixinha/slot”.

Com o envio desse código, o programa entra em um loop que aguarda a CNC realizar toda a sua operação de movimentação. No final da operação, o Arduino notifica ao LABVIEW que o slot já está em posição para que o usuário tenha acesso, e com isso, é enviada uma mensagem de aviso. Após o utilizador realizar o recolhimento ou troca das chaves armazenadas e confirmar a operação de devolução, o sistema é responsável por retornar o Slot para a sua posição de origem.

8.3.2 Retirar Encomendas

O cenário “retirar encomendas” funciona de maneira similar à Interface Porteiro. A partir de uma busca no banco de dados da Tabela Compartimentos, podemos verificar se há um ou mais volumes endereçados ao morador. Quando pressionado o botão, o Sub VI irá analisar a tabela, e, no caso de haver uma encomenda, mostrará uma mensagem de aviso (Figura 47), informando sobre o número do compartimento, para, em seguida, irá liberar a trava do mesmo.

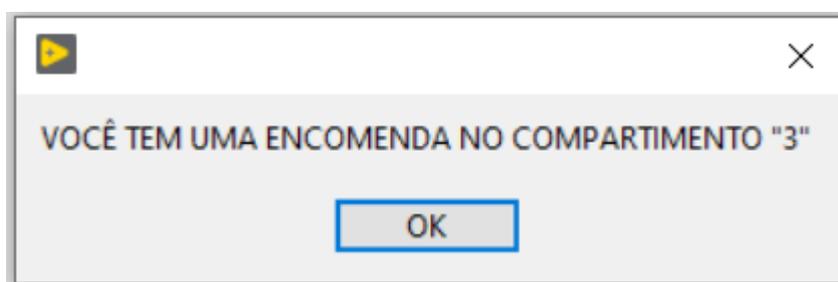


Figura 47- Aviso de encomenda

Com a liberação mecânica da encomenda, o programa deve atualizar o banco de dados para que não haja redundâncias erros no futuro. Essa modificação é feita com o envio de uma linha de código (`UPDATE `portaria`.`compartimentos` SET `MORADOR` = NULL, `PORTEIRO` = NULL WHERE (`NUMERO` = "%s");`) que

modifica as cédulas “MORADOR” e “PORTEIRO” por vazio. No cenário do morador ter mais de uma encomenda guardada, ele terá que pressionar o botão repetidas vezes até aparecer a mensagem de que não há mais encomendas (Figura 48)

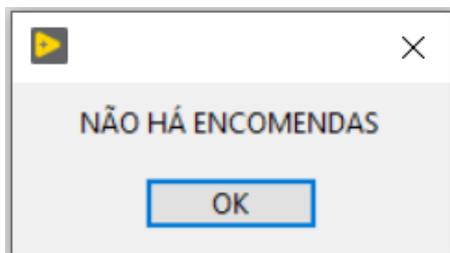


Figura 48- Aviso "NÃO HÁ ENCOMENDAS"

8.4 INTERFACE ADMINISTRADOR

Essa interface tem como usuário master o Administrador, fica sob ele a responsabilidade de adicionar, modificar e deletar usuários, realizar operações como abrir os compartimentos e “Pegar as Chaves” sem restrições, verificar as tabelas com os dados pessoais (telefone, e-mail etc.) e o histórico de utilização. Com um único ID e Senha de acesso, essa interface é estruturada para ser utilizada por apenas uma pessoa, ou seja, não há possibilidade de haver mais de um Administrador.

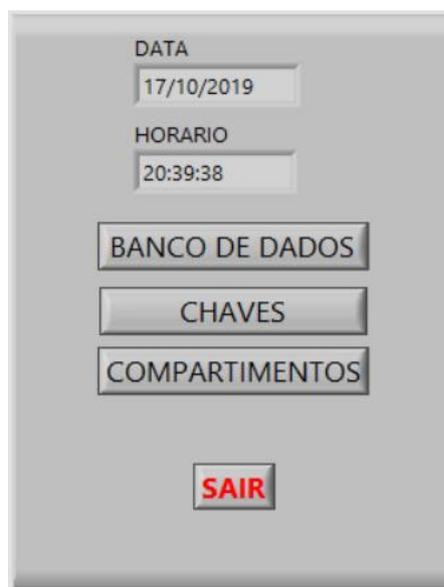


Figura 49- Interface administrador

A Sub Vi é esteticamente parecida com a INTERFACE MORADOR, entretanto, cada botão irá endereçar a um novo Vi, para permitir uma melhor visualização das

tabelas e diminuir a ocorrência de falha humana, devido ao aumento do número de etapas. Os botões referenciam as três operações disponíveis: Banco de dados, Volumes e Chaves (Figura 49)

8.4.1 Banco de Dados

O painel Banco de dados, permite ao administrador verificar o cadastro dos moradores e alterar seus dados, inclusive a senha. Informações como o nome do proprietário, e-mail e telefone, ficam à mostra para facilitar a verificação e a alteração (Figura 50).

Ao clicar no botão alterar senha, o programa carrega uma página específica, onde o morador deverá colocar a sua nova senha em sigilo. Esse artifício gera mais segurança pois impede que o administrador saiba a senha dos usuários.

The screenshot shows a web interface for managing user data. At the top, there is a section for 'ID MORADOR' with a text input containing '1106' and a 'Verificar' button. To the right is a 'TROCAR SENHA' button. Below this, there are three input fields for 'NOME', 'EMAIL', and 'TELEFONE', with an 'ALTERAR' button positioned between the first two. A table below displays a list of records with columns for 'APARTAMENTO', 'PROPRIETÁRIO', 'EMAIL', and 'TELEFONE'. The first row contains the following data: '1106', 'Gabriel Laport Vargas', 'gabrielaportvargas@gmail.com', and '996380139'. A 'VOLTAR' button is located at the bottom center of the interface.

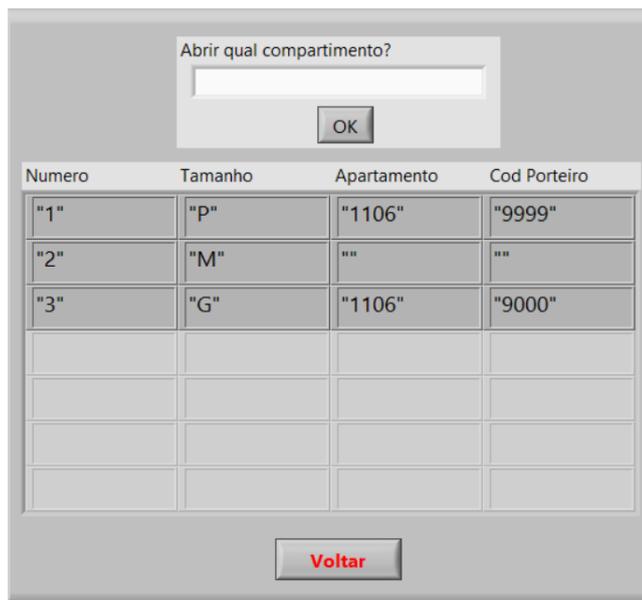
APARTAMENTO	PROPRIETÁRIO	EMAIL	TELEFONE
"1106"	"Gabriel Laport Vargas"	"gabrielaportvargas@gmail.com"	"996380139"

Figura 50- Controle do banco de dados

8.4.2 Volumes

Esse Sub Vi é responsável pela abertura de um compartimento que esteja com problemas, tenha sido referenciado de maneira incorreta ou que o morador se recuse a retirar. Nele é possível visualizar a tabela "Compartimento", ou seja, todos os volumes, disponíveis e indisponíveis, os números dos Apartamento ao qual são

destinados e a identificação do funcionário que realizou o armazenamento, conforme demonstrado na Figura 51

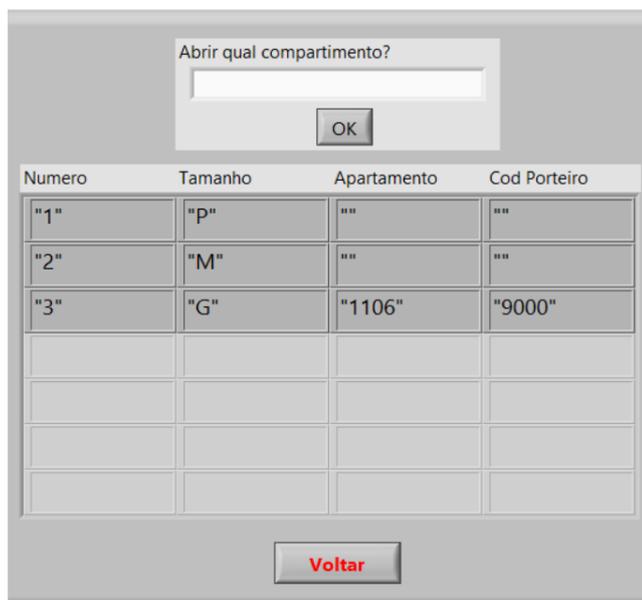


The screenshot shows a software interface for controlling compartments. At the top, there is a dialog box titled "Abrir qual compartimento?" with an input field and an "OK" button. Below this is a table with four columns: "Numero", "Tamanho", "Apartamento", and "Cod Porteiro". The table contains three rows of data, with the first row having values "1", "P", "1106", and "9999". The second row has "2", "M", and empty cells. The third row has "3", "G", "1106", and "9000". Below the table is a "Voltar" button.

Numero	Tamanho	Apartamento	Cod Porteiro
"1"	"P"	"1106"	"9999"
"2"	"M"	"	"
"3"	"G"	"1106"	"9000"

Figura 51- Controle COMPARTIMENTOS

Para realizar uma abertura, basta inserir o número desejado, após pressionar o botão OK. Com isso, o código irá enviar um comando ao Arduino e subsequentemente à trava solenoide, destravando o compartimento. Após a comunicação com o hardware tenha sido realizada, o banco de dados é atualizado, apagando o Apartamento e Cod Porteiro da tabela (Figura 52).



This screenshot shows the same interface as Figure 51, but with the data updated. The dialog box and "Voltar" button are the same. The table now shows that the "Apartamento" and "Cod Porteiro" columns for the first two rows are empty, while the third row remains unchanged with "1106" and "9000".

Numero	Tamanho	Apartamento	Cod Porteiro
"1"	"P"	"	"
"2"	"M"	"	"
"3"	"G"	"1106"	"9000"

Figura 52- Controle COMPARTIMENTOS atualizado

8.4.3 Chaves

Essa interface permite que o administrador realize duas funções, verificar os dados do morador e retirar as chaves dele. A parte de verificação tem como objetivo auxiliar em um momento de emergência, onde é necessário ter o nome e o número de contato do proprietário.

The interface is titled "Retirar qual CHAVE?". It contains a search input field with the value "1106", a "Verificar" button, and a "Retirar" button. To the right, a box states "É NECESSÁRIO VERIFICAR ANTES DE RETIRAR". Below this is a table with the following data:

APARTAMENTO	PROPRIETÁRIO	EMAIL	TELEFONE
"1106"	"Gabriel Laport Vargas"	"gabriellaportvargas@gmail.com"	"(21)996380139"

At the bottom center, there is a "VOLTAR" button.

Figura 53- Controle CHAVES

Como mostrado na Figura 53, é necessário primeiro verificar os dados do morador, para depois realizar a retirada de suas chaves. Essa operação utiliza o número do apartamento digitado para encontrar uma compatibilidade no banco de dados, e assim enviar os códigos com a posição do Slot do usuário para a CNC.

9 DIMENSIONAMENTO

Considerando que as peças do Sistema de Acoplamento (Capítulo 4.4) tem como objetivo a movimentação de pequenas cargas e que a CNC utilizada é projetada para realização de operações de usinagem (MDF, Acrílico e Alumínio), a análise de tensões do mecanismo se torna secundário.

Com o objetivo de demonstrar um exemplo de cálculo estrutural, foi realizada uma análise do eixo cromado responsável pela rotação em torno do eixo Z:

Primeiramente, foi necessário pesar as peças do Sistema de Acoplamento conforme demonstrado na Tabela 6. O valor encontrado na pesagem do chaveiro foi estipulado pensando no caso mais crítico possível.

Tabela 6 -Pesagem

Objeto	Massa (kg)
Acoplador + Fixador	0,147
Caixinha	0,060
Chaveiro	0,300
Total	0,507

Adotou-se uma simplificação do sistema por uma viga de 16 cm engastada com o peso total concentrado na sua extremidade, conforme na Figura 54.

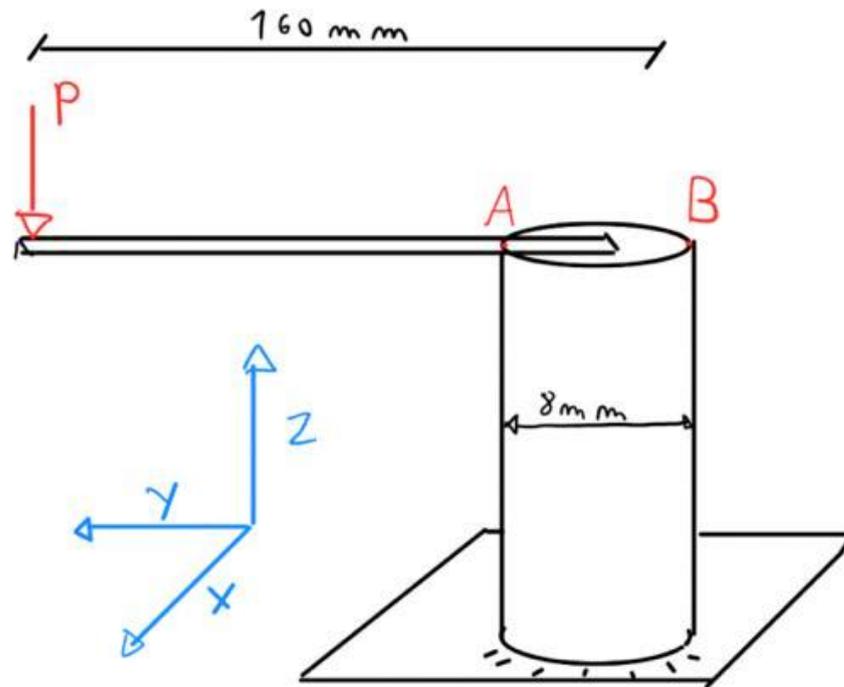


Figura 54- DCL

Assim, encontra-se um momento de

$$P = \text{massa}(\text{kg}) \cdot \text{gravidade}$$

$$P = 0,507 \cdot 9,81 = 4,97 \text{ N}$$

$$\text{Momento} = P \cdot \text{distancia}$$

$$\text{Momento} = 4,97 \cdot 160 = 795,20 \text{ N/mm}$$

Usando a fórmula de tensão de Flexão, para o eixo de 8mm de diâmetro:

$$\sigma_{\text{Flexão}} = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{795,20 \cdot 4}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (4)^4} = 15,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{Flexão}} = 15,82 \text{ MPa}$$

E a tensão axial causada pelo peso é:

$$\sigma_z = -\frac{P}{A} = -\frac{4,97}{\pi(4)^2} = -\frac{0,098 \text{ N}}{\text{mm}^2} = -0,098 \text{ MPa}$$

Ao realizar a análises dos pontos críticos (A e B) demonstrados na Figura 55, encontra-se que o ponto mais relevante é o ponto A, pois as tensões atuantes estão no mesmo sentido.

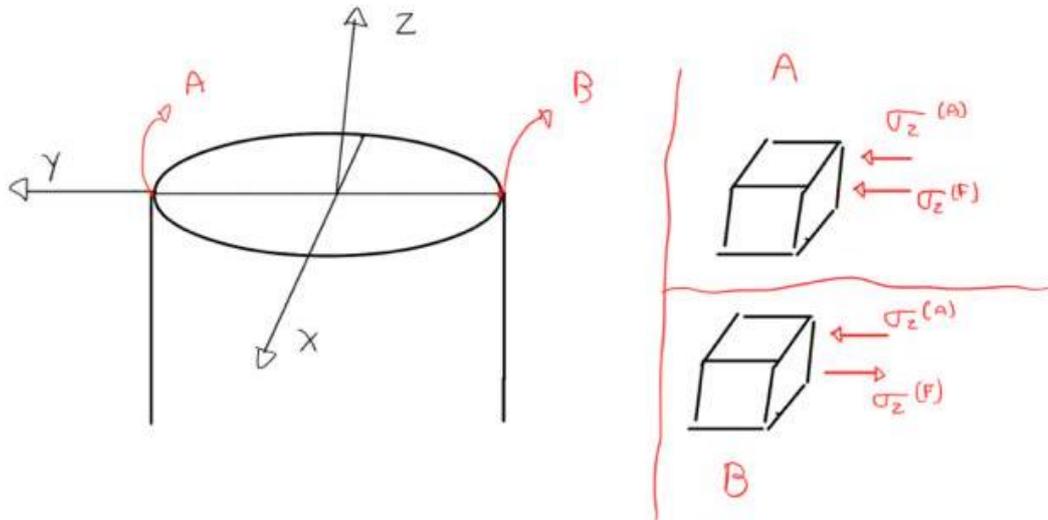


Figura 55- Análise de tensões

Logo, seguindo o critério de falha de Von Mises:

$$(\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 + 3\tau_{1,2}^2) \leq \sigma_e^2$$

$$(\sigma_1^2) \leq \sigma_e^2$$

$$((-15,82 - 0,098)^2) \leq \sigma_e^2$$

$$15,92 \text{ MPa} \leq \sigma_e$$

O valor do limite de escoamento disponibilizado pelo fabricante é de 737 MPa, sendo assim, o fator de segurança é de 46

10 CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Com o protótipo montado e a interface pronta, é necessário realizar a instalação dos componentes eletrônicos, além de integrá-los com uma programação em C. A placa escolhida para fazer a automação foi a Arduino Mega, devido a quantidade de portas disponíveis e de sua fácil aquisição.

A automação do projeto pode ser separada nas seguintes categorias:

- Movimentação dos motores da CNC
- Abertura das Fechaduras eletrônicas
- Dimensionamento, soldagem e organização da fiação
- Refrigeração e Redução do consumo

10.1 MOVIMENTAÇÃO DOS MOTORES

Seguindo as orientações e a lista de compra original disponibilizada pelo Nikodem, foi adquirido uma CNC SHIELD com quatro drivers mais as aletas. Após montado, essa shield é capaz de controlar os quatro motores existentes no projeto original, sendo as aletas responsáveis pela dissipação do calor gerado. Os motores usados na CNC são os NEMA17, com 2A e um torque de 59Ncm.

Devido as modificações abordadas nesse projeto, foi necessário introduzir um motor extra para realizar a rotação em torno do eixo Z. Logo, foi utilizado um Motor de Passo 5 Volts com uma redução 1/64, torque de 3 Ncm e driver separado. O controle desses 5 motores é realizado pela programação em C embarcada no Arduino em conjunto com o LabVIEW.

Desde a concepção do projeto, uma grande preocupação é com a precisão do protótipo. Devido a isso, em vez de controlar os motores pelo número de passos, são utilizadas chaves de fim de curso em posições específicas. Essa medida é importante para evitar que ocorra uma falha na movimentação ocasionada pela perda de passos. Desta forma, os motores (em sua maioria) estão programados para rotacionar o eixo até que ocorra o contato. As chaves de fim de curso foram ligadas no modo “Normalmente Aberto” e fixadas com cola quente, para permitir uma fácil remoção em caso de algum defeito eletrônico.

Como o controle dos motores está sendo realizado manualmente, ao invés de usar softwares de CNC, é necessário configurar o tamanho do pulso elétrico e com isso a velocidade com que será realizado a rotação. Fazendo a medição entre número de passos por distância, percebe-se que para se deslocar um 1 cm são necessários 1587.3 passos.

10.2 ABERTURA DAS FECHADURAS ELETRÔNICAS

As fechaduras eletrônicas escolhidas foram as ministravas solenoides de 12 Volts, devido ao seu pequeno tamanho e fácil acionamento. Comandado pelo LabVIEW, o sinal para liberar o compartimento faz com que um relê mude o seu estado, alimentando o solenoide durante um curto período, e assim, destravando a fechadura.

10.3 REFRIGERAÇÃO E REDUÇÃO DO CONSUMO

Como o objetivo do protótipo é ser uma máquina que funcione de maneira intermitente, tanto a refrigeração quanto o consumo devem ser pensados para evitar a perda da vida útil ou a inviabilização do projeto. Durante os testes realizados, percebeu-se que o mecanismo guarda-chaves mantém os motores engatados mesmo em estado de “espera”, devido a alimentação externa da CNC SHIELD, causando um consumo desnecessário e um aumento na temperatura dos componentes.

A solução encontrada, que não afeta o funcionamento do programa, foi utilizar de um relê para alimentar a CNC SHIELD. Com isso, o Arduino permanece ligado de maneira intermitente, se comunicando com o LABVIEW, enquanto o guarda-chaves só é energizado caso o usuário tenha seu perfil autenticado e queira retirar suas chaves, reduzindo significativamente o tempo de uso e o consumo da CNC.

10.4 DIMENSIONAMENTO, SOLDAGEM E ORGANIZAÇÃO DA FIAÇÃO

Os jumpers amplamente utilizados em projetos de eletrônica são de 0,5 mm de espessura com ponta tipo Macho/Femea (Figura 56), Macho/Macho ou Femea/Femea, permitindo a utilização tanto na placa do Arduino quanto nos outros componentes. Apesar de prático, eles não atendem aos requisitos de comprimento do

projeto, sendo assim, é necessário soldar as pontas em uma fiação convencional (0,75 mm) para permitir a alimentação das partes eletrônicas.



Figura 56- Jumpers

A soldagem foi realizada usando um ferro de solda da Hikari de 60W e solda de estanho-chumbo, enquanto a proteção elétrica utilizou-se tubos termo retráteis. O procedimento de união dos fios se baseia primeiro em decapar a fiação, passar o tubo termo retrátil, e, depois unir os fios de cobre de forma a gerar um contato entre eles, soldá-los e, enfim, aquecer o tubo. Esse processo deve ser realizado com extremo cuidado e com os componentes eletrônicos desligados para não ocorrer acidentes (queimaduras ou choques elétricos). Caso os passos sejam seguidos corretamente, deve-se encontrar uma junta como mostrado na Figura 57.

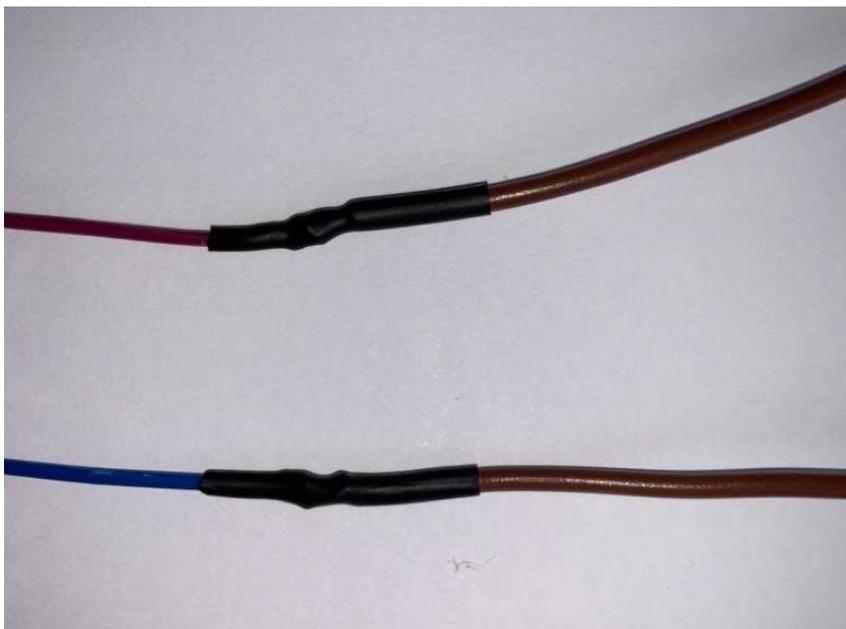


Figura 57 - Junta soldada

Para realizar a soldagem das chaves de fim de curso é necessário decapar o fio, torcê-lo até formar um “L”. Isso permitirá passar o cobre pelo furo da conexão e depois até formar um “gancho”. Com a fiação pronta, basta realizar a soldagem, sendo que nesse caso não se usa isolantes elétricos.

11 MONTAGEM DO GABINETE

O gabinete foi projetado com base nas dimensões do guarda-chaves e do guarda-volumes, e produzido em madeira, para reduzir o tempo de fabricação e possibilitar alteração futuras no protótipo.

11.1 MARCENARIA

A estrutura tem um volume de 1200x700x400mm, sendo dividido em duas metades (guarda-chaves e guarda-volumes) (Figura 58). O guarda-volumes é subdividido para alojar os três compartimentos (Pequeno, Médio e Grande), sendo colocado uma moldura na parte frontal, onde é fixado as portinholas (Figura 59).



Figura 58- Estrutura da marcenaria



Figura 59- Marcenaria do guarda-volumes

Na base foi fixado dois trilhos e uma chapa de madeira, com o objetivo de permitir retirar a CNC para realizar a manutenção dos componentes (Figura 60).



Figura 60- Bandeja retrátil

Na chapa divisória entre os mecanismos, foi fixado os componentes eletrônicos (Arduino e relé) e as colmeias (suporte para os slots). Além disso, foi realizado furos para a passagem da fiação.

11.2 FINALIZAÇÃO

Após realizado todas as etapas da montagem e a fixação dos componentes mecânicos e eletrônicos, o protótipo ganha o aspecto mostrado na Figura 61.



Figura 61- Protótipo finalizado

Conforme o projetado, a utilização de vidro na lateral do mecanismo permitiu uma fácil visualização do equipamento, permitindo acompanhar o funcionamento do dispositivo sem interferência humana (Figura 62).



Figura 62- Lateral do Guarda-chaves

Na parte interna do guarda-chaves, é possível visualizar a “colmeia” armazenando os Slots, toda a parte eletrônica fixada lateral e a CNC adaptada (Figura 63).

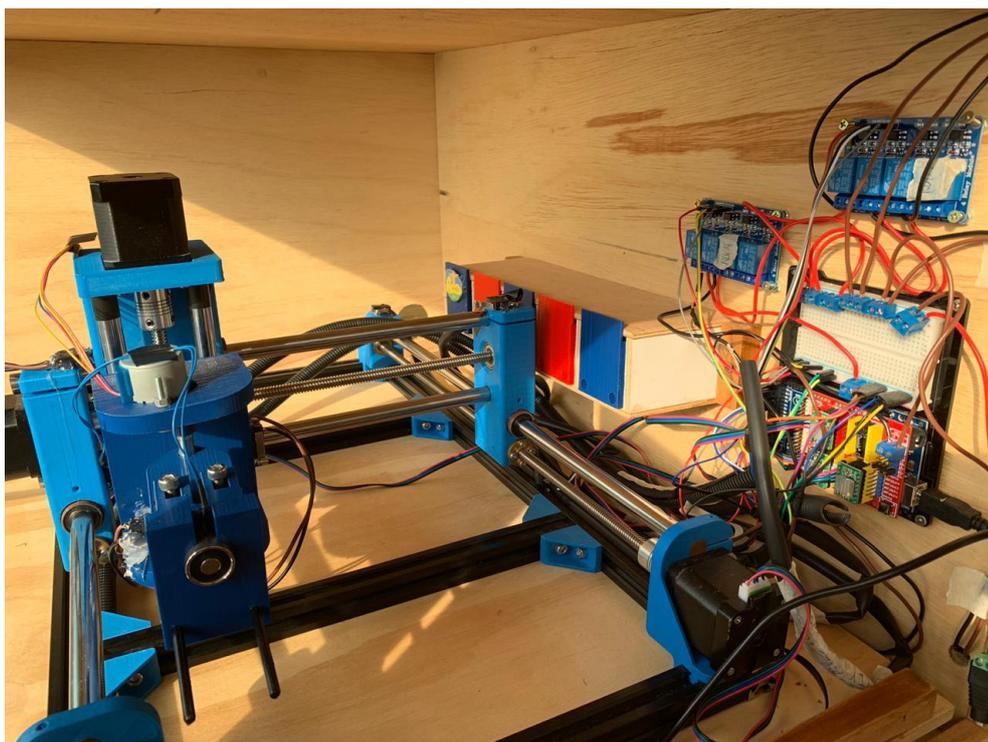


Figura 63- Interior Guarda-chaves

Seguindo a lógica de manutenção demonstrada ao longo do relatório, a introdução da bandeja retrátil e de uma dobradiça na Interface permite o acesso rápido e seguro ao dispositivo. A figura a seguir exemplifica esta situação:

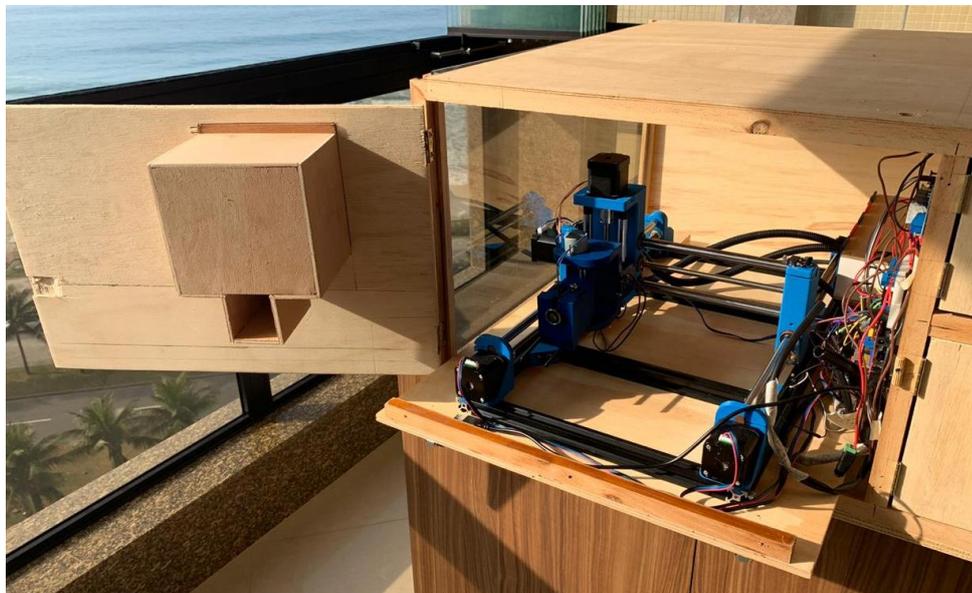


Figura 64- Abertura frontal

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o desenvolvimento e resultados práticos demonstrados pelo protótipo é possível encontrar diversas áreas para aprimoramento do projeto.

O tempo total de operação é uma variável crítica, quando pensado em um produto para o mercado. A utilização de uma movimentação por fusos, apesar de mais precisa, aumenta em muito o tempo da movimentação. Com isso, uma possível análise a ser feita é a comparação entre a movimentação de fuso e de correia nos requisitos: velocidade, precisão e repetibilidade, com o objetivo de encontrar a melhor custo e benefício.

A análise da estrutura mecânica demonstra que, para maximizar o espaço interno, é necessário modificar o posicionamento do motor do eixo Y, pois na posição atual ele impossibilita a fixação das Colmeias em ambos os lados do guarda-chaves. Além dos motores, o aumento do eixo Z é fundamental para conseguir armazenar um número considerável de chave, e com isso tornar o projeto economicamente viável.

Futuramente, a eletrônica deve atender aos requisitos do cliente final e permitir uma utilização intuitiva. Para isso, é essencial a utilização de um visor com tecnologia touchscreen e integração com a internet. Aliado a isso, a carcaça deve ser feita de material resistente, visando alta resistência contra a oxidação, tendo em vista a proximidade do prédio em relação ao mar, sendo recomendado a utilização de um sistema de vedação interna com pressão positiva para prolongar a vida útil dos componentes.

Considerados os ajustes necessários relativos às questões citadas acima, esse protótipo poderá se tornar uma opção prática e viável de armazenamento de chaves e volumes, desde que contempladas também as necessidades do seu público-alvo.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PINHEIRO, C. M. P.; MOTA, G. E; STEINHAUS, C.; SOUZA, M. **Impressoras 3D: uma mudança na dinâmica do consumo**. Signos do Consumo, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 15-22, jan./jun. 2018.

CORREIOS, EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS. **CAIXA DE CORREIO INTELIGENTE DESCRIÇÃO TÉCNICA DAS FUNCIONALIDADES DO EQUIPAMENTO**, 2017.

Custodio, Rafael Augusto. **Controle de Acesso utilizando Arduino, banco de dados MySQL e LabVIEW**. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

CARDOSO, VIRGÍNIA E GISELLE **Sistema de banco de dados: uma abordagem introdutória e aplicada**. São Paulo: Saraiva, 2012

BLUM, JEREMY. **Explorando o Arduino: técnicas e ferramentas para mágicas de engenharia**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016

APÊNDICE A - Programação do Arduino

```
# define EN 8 // stepper motor enable , active low
# define X_DIR 5 // X -axis stepper motor direction control
# define Y_DIR 6 // y -axis stepper motor direction control
# define Z_DIR 7 // z axis stepper motor direction control
# define X_STP 2 // x -axis stepper control
# define Y_STP 3 // y -axis stepper control
# define Z_STP 4 // z -axis stepper control
# define PIN_CTTX_inicio 22
# define PIN_CTTX_fim 23
# define PIN_CTTY_inicio 24
# define PIN_CTTY_fim 25
# define PIN_CTT_theta_inicio 26
# define PIN_CTT_theta_fim 27

#define Y_0 5 //cm
#define width_caixa 5.7 //cm
#define lenght_caixa 5 //cm
#define passo_dm 1587.3

const int FECHADURA1 = 40;
const int FECHADURA2 = 41;
const int FECHADURA3 = 42;
const int CNC = 43;

char message[] = "00000";

void step(boolean dir, byte dirPin, byte stepperPin, float steps, int vel)
{
digitalWrite(dirPin, dir);
delay(5);
for (float i=0; i<steps; i++){
digitalWrite (stepperPin, HIGH);
```

```

delayMicroseconds (vel); //define a velocidade, quanto menor mais rápido
digitalWrite (stepperPin, LOW); //eh importante ter um low para gerar um pulso

```

= um passo

```

delayMicroseconds (vel);
}
}

```

```

void setup() {
Serial.begin(9600); //configura comunicação serial com 9600 bps
pinMode(LED1, OUTPUT); //configura pino do led como saída
pinMode(LED2, OUTPUT); //configura pino do led como saída

```

```

pinMode (X_DIR, OUTPUT); pinMode (X_STP, OUTPUT);
pinMode (Y_DIR, OUTPUT); pinMode (Y_STP, OUTPUT);
pinMode (Z_DIR, OUTPUT); pinMode (Z_STP, OUTPUT);
pinMode (EN, OUTPUT);

```

```

pinMode(PIN_CTTX_inicio, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO
ENTRADA / "_PULLUP" É PARA ATIVAR O RESISTOR INTERNO

```

```

pinMode(PIN_CTTX_fim, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO
ENTRADA / "_PULLUP" É PARA ATIVAR O RESISTOR INTERNO

```

```

pinMode(PIN_CTTY_inicio, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO
ENTRADA / "_PULLUP" É PARA ATIVAR O RESISTOR INTERNO

```

```

pinMode(PIN_CTTY_fim, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO
ENTRADA / "_PULLUP" É PARA ATIVAR O RESISTOR INTERNO

```

```

pinMode(PIN_CTT_theta_inicio, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO
ENTRADA / "_PULLUP" É PARA ATIVAR O RESISTOR INTERNO

```

```

pinMode(PIN_CTT_theta_fim, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO
ENTRADA / "_PULLUP" É PARA ATIVAR O RESISTOR INTERNO

```

```

digitalWrite (EN, LOW);
}

```

```
void loop() {  
  
  if (Serial.available() > 0) {  
  
    String s = Serial.readStringUntil('\n');  
    char liga = s[0];  
    char numero = s[2];  
    digitalWrite(FECHADURA1, LOW);  
    digitalWrite(FECHADURA2, LOW);  
    digitalWrite(FECHADURA3, LOW);  
    digitalWrite(CNC, LOW);  
  
    if (liga == 'F') {  
      switch (numero) //verifica qual caracter recebido  
      {  
        case '1': //caso 'A'  
          digitalWrite(FECHADURA1, HIGH); //inverte estado do LED  
          break;  
        case '2':  
          digitalWrite(FECHADURA2, HIGH)); //inverte estado do LED  
          break;  
        case '3':  
          digitalWrite(FECHADURA3, HIGH); //inverte estado do LED  
          break;  
      }  
      delay(1000)  
    }  
  
    if (liga == 'C') {  
      n = (int)(numero); //0 a 9  
      digitalWrite(CNC, HIGH); //liga CNC
```

```

delay(5000);

int i=0;
while(i<(Y_0+n*width_caixa*10)){
step (false, Y_DIR, Y_STP, passo_dm, 50); // alinhando eixo y com a primeira
caixa
i++;
}
delay (1000);

i=0;
while(digitalRead(PIN_CTTX_fim) == HIGH){
step (false, X_DIR, X_STP, passo_dm, 50); // aproximou da caixa pelo eixo x
i++;
}

delay (1000);
i=0;
while(digitalRead(PIN_CTTX_inicio) == HIGH){
step (true, X_DIR, X_STP, passo_dm, 50); // voltando pelo eixo x
i++;
}
delay (1000);
i=0;
while(digitalRead(PIN_CTTY_fim) == HIGH){
step (false, Y_DIR, Y_STP, passo_dm, 50); // indo em y entregar
i++;
}

Serial.println('U');
while(1){
// while(esperando o usuario terminar com a caixa)

```

```
String s = Serial.readStringUntil('\n');
if( s[0] = 'P' ) break;
}
```

```
delay (1000);
```

```
i=0;
```

```
while(digitalRead(PIN_CTTY_inicio) == HIGH){
```

```
step (true, Y_DIR, Y_STP, passo_dm, 50); // volta pro inicio em y
```

```
i++;
```

```
}
```

```
delay (1000);
```

```
i=0;
```

```
while(i<Y_0+n*width_caixa){
```

```
step (false, Y_DIR, Y_STP, passo_dm, 50); // alinhando eixo y com a primeira
```

caixa

```
i++;
```

```
}
```

```
delay (1000);
```

```
i=0;
```

```
while(digitalRead(PIN_CTTX_fim) == HIGH){
```

```
step (false, X_DIR, X_STP, passo_dm, 50); // aproximou da caixa pelo eixo x
```

```
i++;
```

```
}
```

```
delay (1000);
```

```
i=0;
```

```
while(digitalRead(PIN_CTTX_inicio) == HIGH){
```

```
step (true, X_DIR, X_STP, passo_dm, 50); // aproximou da caixa pelo eixo x
```

```
i++;
```

```
}
```

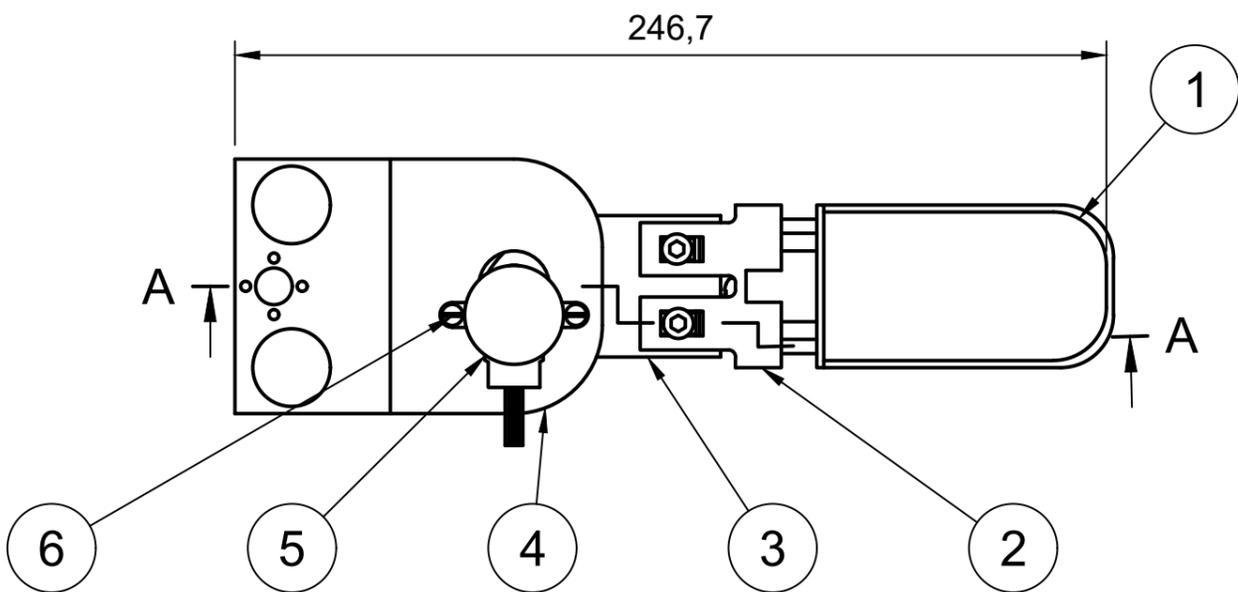
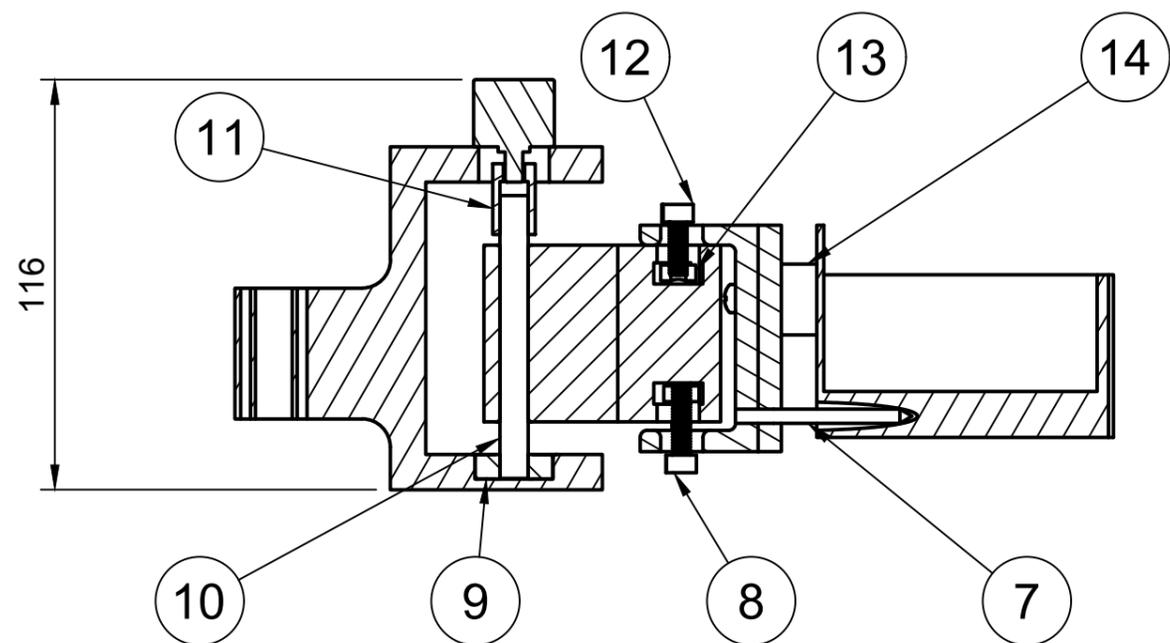
```
i=0;
```

```
while(digitalRead(PIN_CTTY_inicio) == HIGH){  
  step (true, Y_DIR, Y_STP, passo_dm, 50); // volta pro inicio em y  
  i++;  
}  
  
delay(1000);  
}
```

APÊNDICE B - Desenhos Técnicos

1 2 3 4 5 6 7 8

A-A (1:2)



14	1	ELETROIMA 5V	AÇO CARBONO	
13	4	PORCA MARTELO T M5	AÇO INOX	
12	2	ALLEN M5-16	AÇO INOX	
11	1	ACOPLADOR MECÂNICO	PLA	77
10	1	EIXO GUIA LINEAR 8 MM	AÇO SAE 1045	
9	1	ROLAMENTO 608 ZZ	AÇO CROMO	
8	2	ALLEN M5-20	AÇO INOX	
7	2	HASTE DE ALINHAMENTO	PLÁSTICO	
6	2	M3-16	AÇO INOX	
5	1	MOTOR DE PASSO 5 V	28BYJ-48	
4	1	SUPORTE EIXO Z	PLA	76
3	1	FIXADOR	PLA	75
2	1	ACOPLADOR	PLA	74
1	1	SLOT	PLA	73
NÚMERO	QUANTIDADE	DENOMINAÇÃO	MATERIAL	FLS

LISTA DE COMPONENTES

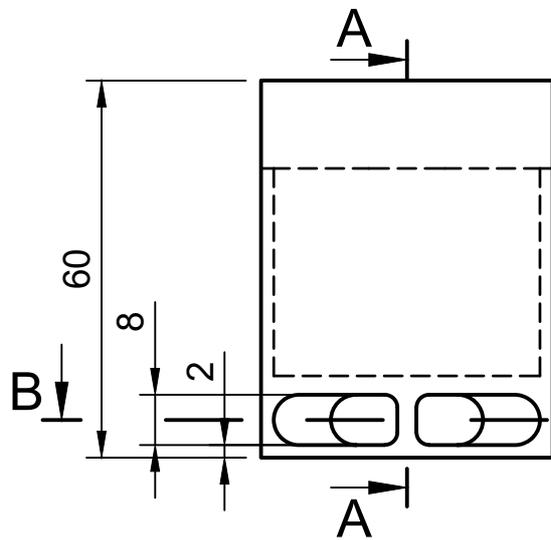
ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS		
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER		
DATA	27/11/2019	VISTO	



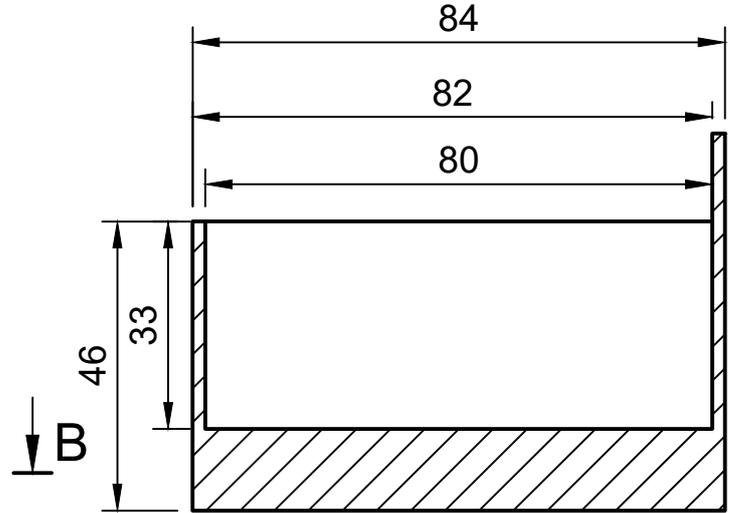
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:2	KEY'S LOCKER			72
		NÚMERO DO DESENHO		

1 2 3 4 5 6 7 8

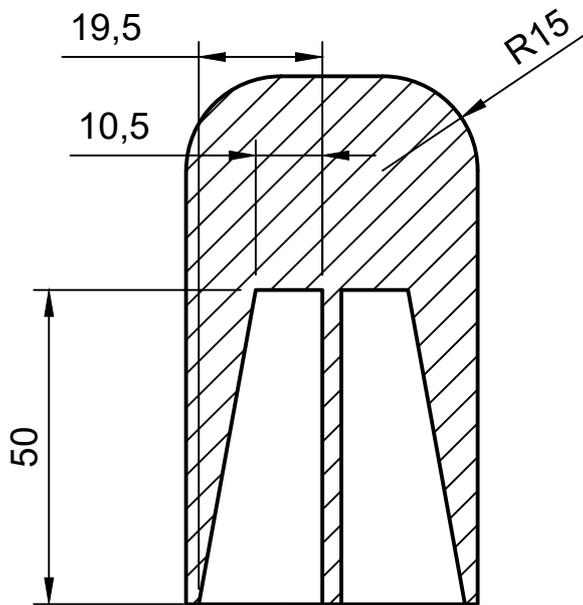
1

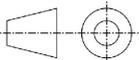


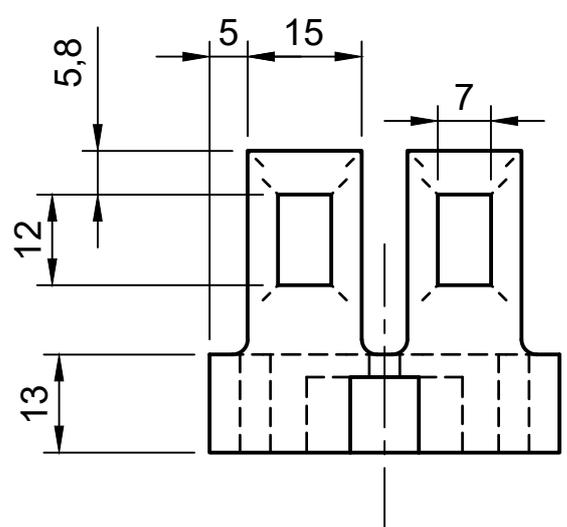
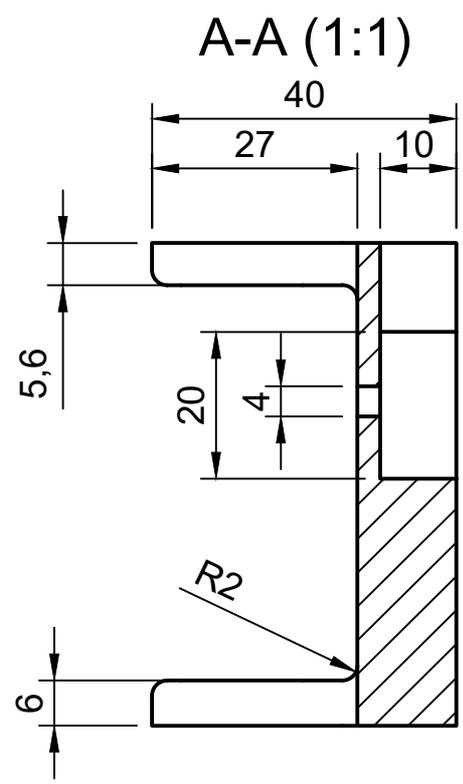
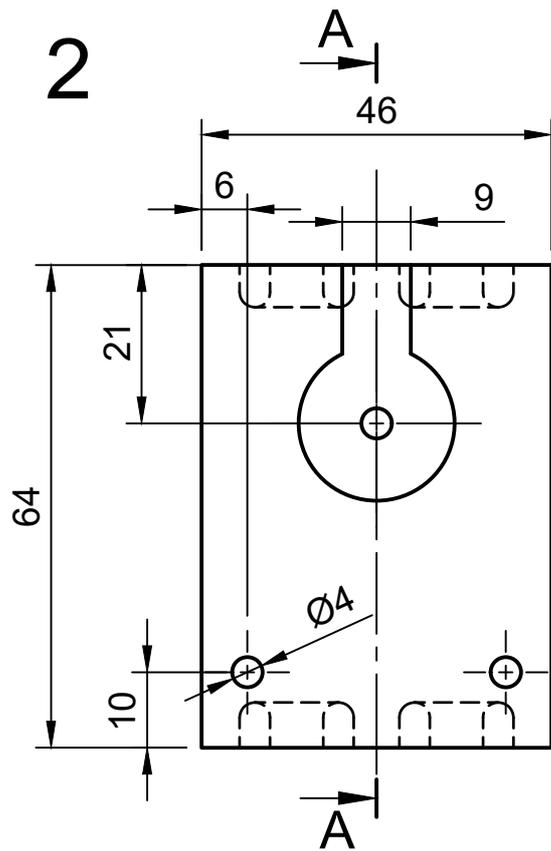
A-A (1:1.2)

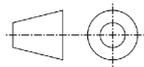


B-B (1:1.2)

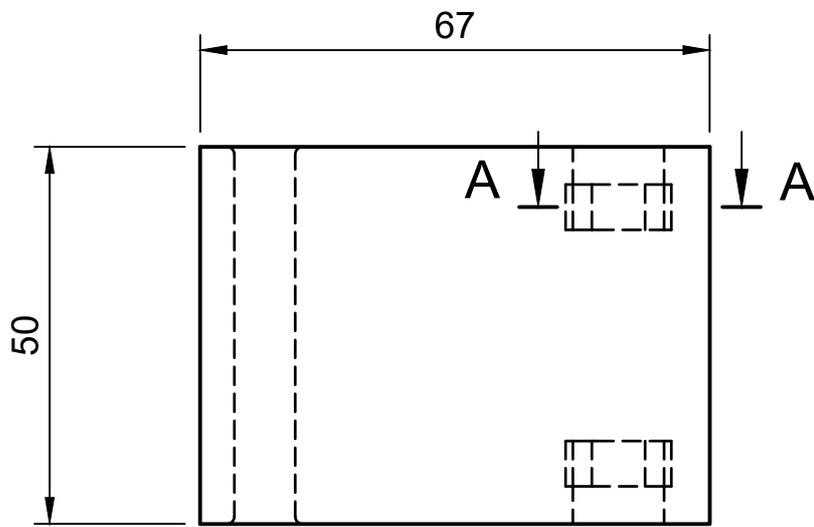
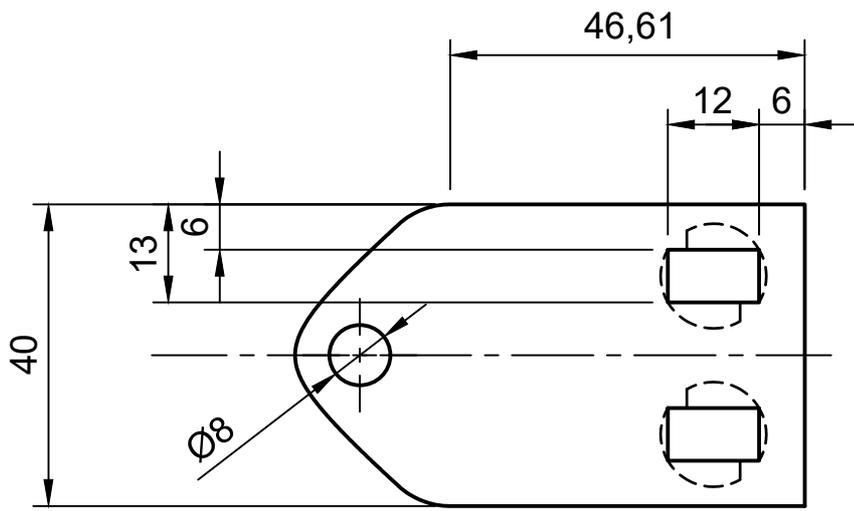


ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS					
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER					
DATA	27/11/2019	VISTO				
ESC. 1:1,2	TÍTULO	KEY'S LOCKER		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 73
				NÚMERO DO DESENHO		

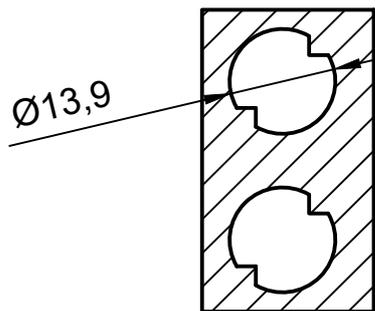


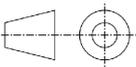
ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS			
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	27/11/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	KEY'S LOCKER			74
		NÚMERO DO DESENHO		

3

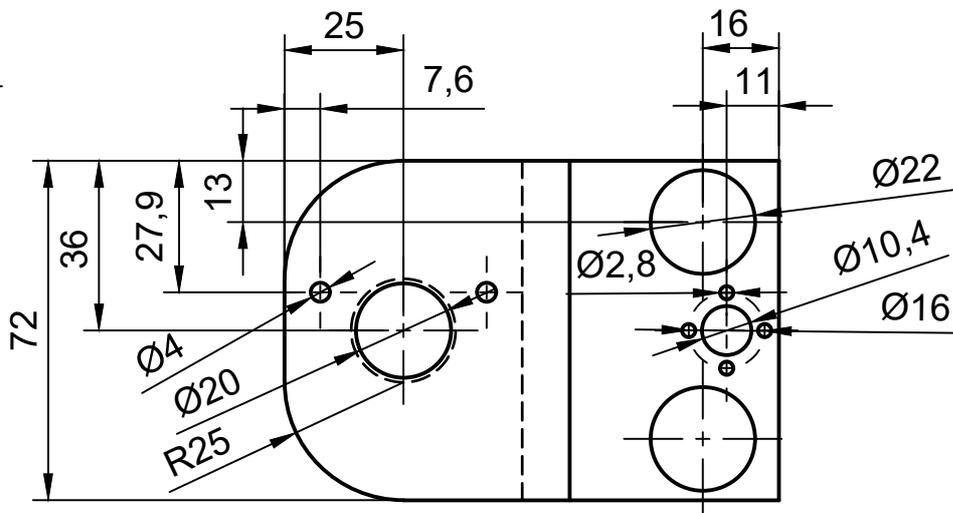
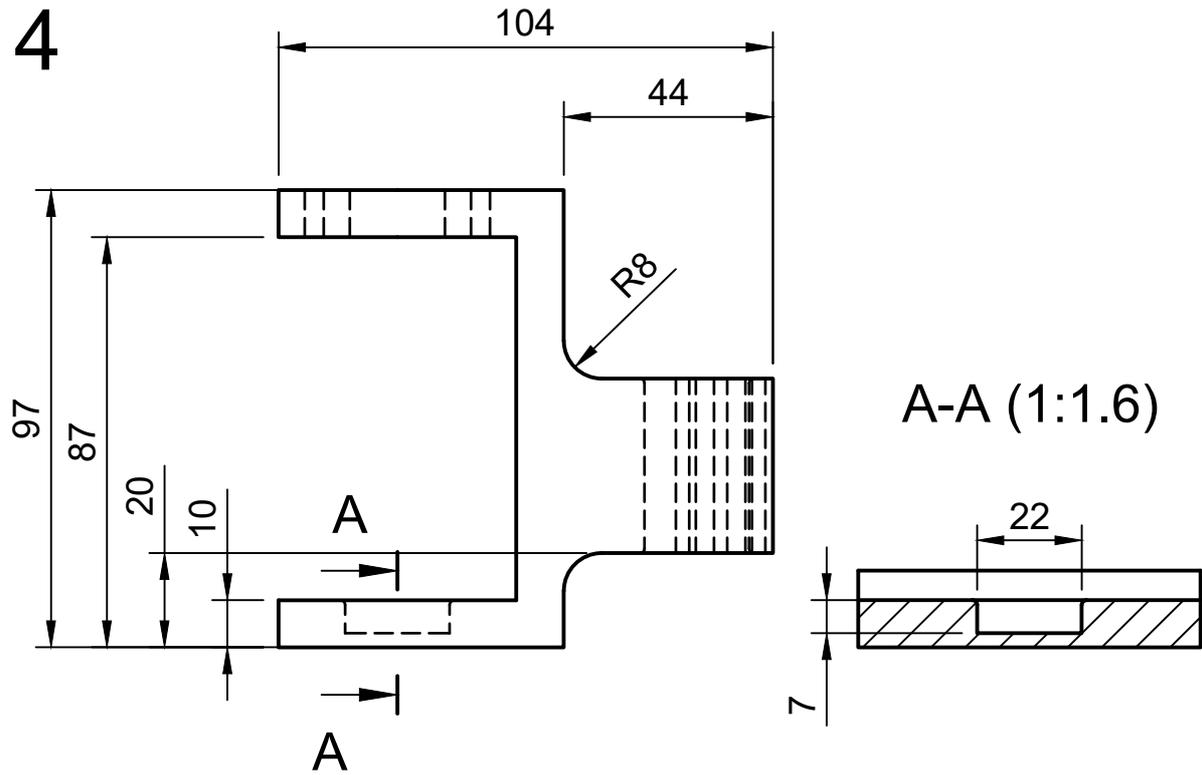


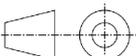
A-A (1:1)



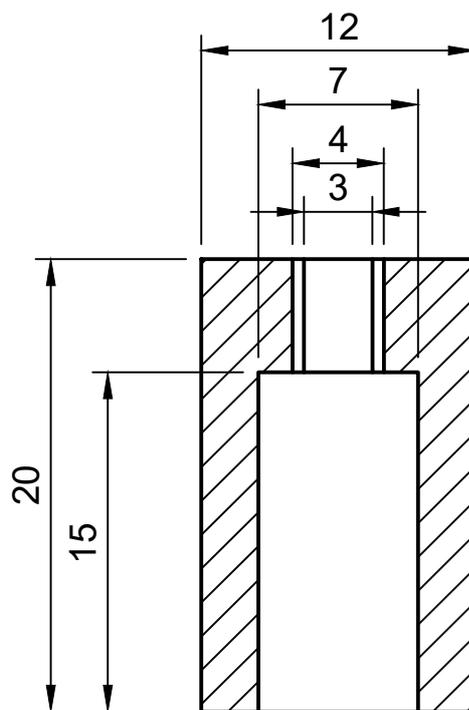
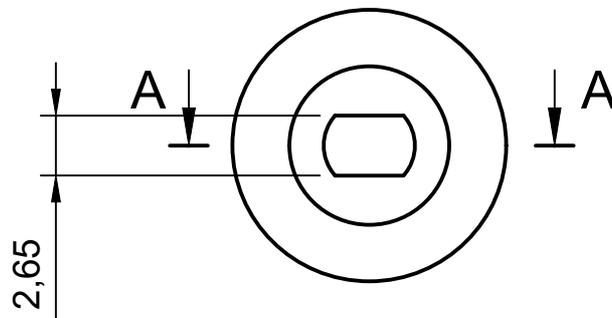
ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS					
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER					
DATA	27/11/2019	VISTO				
ESC. 1:1	TÍTULO KEY'S LOCKER			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 75
				NÚMERO DO DESENHO		

4

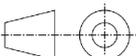


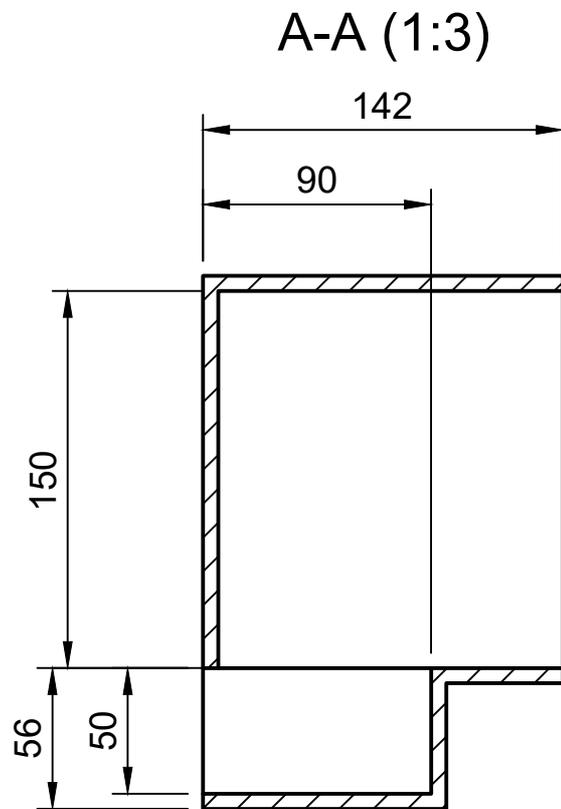
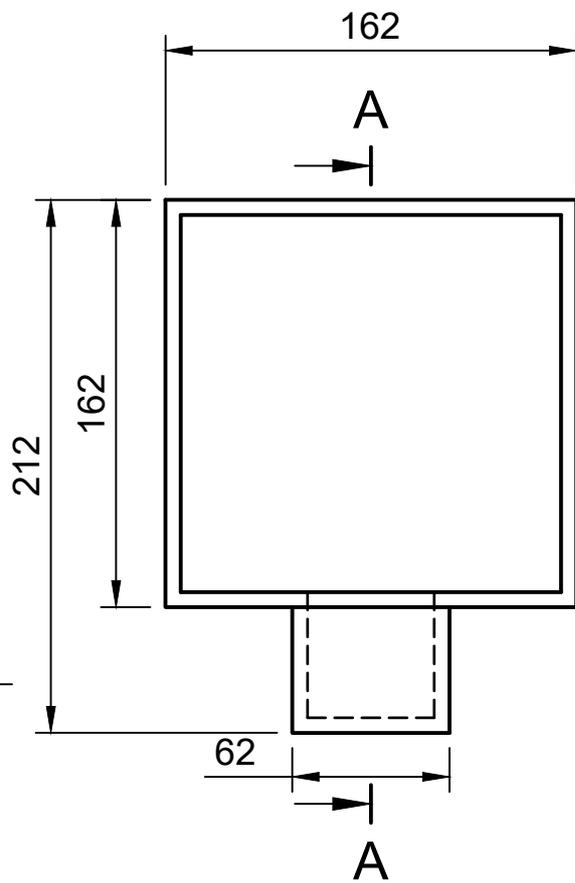
ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS			
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	27/11/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1.6	KEY'S LOCKER			76
		NÚMERO DO DESENHO		

11



A-A (3:1)

ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS			
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	27/11/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
3:1	KEY`S LOCKER			77
		NÚMERO DO DESENHO		



ALUNO	GABRIEL LAPORT VARGAS					
PROF	DR. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER					
DATA	27/11/2019	VISTO				
ESC. 1:3	TÍTULO KEY'S LOCKER			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 78
				NÚMERO DO DESENHO		