

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTOS ACADÊMICOS DE ELETRÔNICA E MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

KARINA TIE HIRAYAMA
LEONARDO VENDRAMINI MARQUES
LEONARDO VITOR ANDRADE CABASSA SILVA

**SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E RECUPERAÇÃO
AUTOMATIZADO: construção de um protótipo didático**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2016

KARINA TIE HIRAYAMA
LEONARDO VENDRAMINI MARQUES
LEONARDO VITOR ANDRADE CABASSA SILVA

**SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E RECUPERAÇÃO
AUTOMATIZADO: construção de um protótipo didático**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Luis Paulo Laus

CURITIBA
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

KARINA TIE HIRAYAMA
LEONARDO VENDRAMINI MARQUES
LEONARDO VITOR ANDRADE CABASSA SILVA

SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E RECUPERAÇÃO AUTOMATIZADO: construção de um protótipo

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 14 de dezembro de 2016, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Msc. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Sérgio Moribe
UTFPR

Prof. Msc. Sidney Carlos Gasoto
UTFPR

Prof. Dr. Luis Paulo Laus
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Prof. Luis Paulo Laus pela paciência, dedicação e orientação deste trabalho. Ao Prof. Maro Roger Guérios, agradecemos pelas dicas e auxílio na usinagem das peças de aço e plástico do protótipo, atuando quase como um co-orientador.

Agradecemos ao Departamento Acadêmico de Desenho Industrial (DADIN) e seus professores: Prof. Carlos Alberto Vargas com dicas valiosas para melhor construção mecânica e não menos importante ao Técnico-Administrativo da modelaria do DADIN, Alessandro Ellenberger no auxílio na usinagem das peças de madeira, e com uma dica importante sobre encaixe de MDFs.

E ainda a dois colegas de turma: Fernando Rosa e Luciano Gasparovic, agradecemos pela disposição em ajudar com opiniões, apoio e empréstimo de módulos ponte H usados no protótipo.

RESUMO

CABASSA, Leonardo; HIRAYAMA, Karina; VENDRAMINI, Leonardo. **Sistema de Armazenamento e Recuperação Automatizado**: construção de um protótipo didático. 2016. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Este trabalho apresenta o conceito de armazéns automatizados nas indústrias, com um enfoque didático através da construção de um protótipo. Discute as falhas nos processos de estocagem, assim como a falta de profissionais na área da automação industrial. Descreve os métodos utilizados para o desenvolvimento do protótipo, desde os estudos realizados para a escolha de um tipo de armazém até a montagem e programação. Apresenta a escolha dos componentes mecânicos e eletrônicos e sua função na montagem, bem como dos softwares utilizados para a estruturação e execução da programação. Discorre sobre os resultados obtidos após a integração dos três segmentos (mecânica, eletrônica e programação): disposição final de toda a montagem do protótipo e o seu funcionamento. Aponta os problemas e dificuldades encontrados durante a construção e apresenta as soluções para cada uma delas, bem como sugestões para trabalhos futuros.

Palavras chave: Armazém automatizado. Protótipo didático. Montagem. Programação. Integração.

ABSTRACT

CABASSA, Leonardo; HIRAYAMA, Karina; VENDRAMINI, Leonardo. **Automated Storage and Retrieval System**: construction of a didactic prototype. 2016. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

It presents the concept of automated warehouses in industries, with a didactic approach through the construction of a prototype. It discusses the failures in the storage processes, as well as the lack of professionals in the area of industrial automation. It describes the methods used for the development of the prototype, from the studies carried out to choose a type of warehouse until the assembly and programming. It presents the choice of the mechanical and electronic components and their function in the system, as well as the software used for the structuring and execution of the programming. It discourses the results obtained after the integration of the three segments (mechanics, electronics and programming): final arrangement of the entire assembly of the prototype and its operation. It points out the problems and difficulties encountered during the construction and presents the solutions for each of them, as well as suggestions for future work.

Keywords: Warehouse automated. Didactic prototype. Assembly. Programming. Integration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Projeto do Eixo X do Protótipo, evidenciando o número de 16 compartimentos definidos.....	17
Figura 2 - Unit Load AS/RS	23
Figura 3 - Arduino Mega.....	25
Figura 4 - Módulo Ponte H L298N.....	26
Figura 5 - Módulo Ponte H L293D.....	27
Figura 6 - Fonte de Alimentação Intelbras FA250W ATX.....	28
Figura 7 - Fonte Chaveada 120W 24V 5A	28
Figura 8 - Motor de Passo Nema 17	29
Figura 9 - Micro Motor DC AK360	30
Figura 10 - Kit de Motores com Caixa de Redução 70097 - Tamiya	30
Figura 11 - Sensor Ultrassônico HC-SR04.....	31
Figura 12 - Fuso de Rosca Trapezoidal	32
Figura 13 - Guia Linear	32
Figura 14 - Acoplamento Flexível.....	33
Figura 15 - Rolamento de Esferas.....	33
Figura 16 - Polias Dentas Ligadas por Correia.....	34
Figura 17 - Painéis de Eucalipto.....	35
Figura 18 - MDF	35
Figura 19 - Poliacetal	36
Figura 20 - Nylon.....	36
Figura 21 - Diagrama de Bloco e seu Painel Frontal.....	38
Figura 22 - Paleta de Funções para LabView	39
Figura 23 - Estrutura Externa	40
Figura 24 - Estrutura Interna	41
Figura 25 - Produto	41
Figura 26 - Detalhe Eixos de Movimentação.....	42
Figura 27 - Peças de movimentação do Eixo X.....	43
Figura 28 - Peça de Movimentação do Eixo Y	44
Figura 29 - Peça de Movimentação do Eixo Z e Suporte Inferior	45
Figura 30 - Suporte Superior do Eixo Z.....	45
Figura 31 - Vista Posterior do Protótipo	45
Figura 32 - Vista Anterior do Protótipo	45
Figura 33 - Painel Elétrico	49
Figura 34 - Ponto de Origem.....	50
Figura 35 - Grafcet da Programação	52
Figura 36 - Protocolo de Comunicação	56

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AS/RS	Automated Storage and Retrieval System
CAD	Computer Aided Design
CC	Corrente Contínua
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	Controle Numérico Computadorizado
DADIN	Departamento Acadêmico de Desenho Industrial
DAMEC	Departamento Acadêmico de Mecânica
FMS	Flexible Manufacturing System
IDE	Integrated Development Environment
ISA	International Society of Automation
LabView	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
MDF	Medium-Density Fiberboard
USB	Universal Serial Bus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	10
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	11
1.3	PROBLEMA	11
1.4	OBJETIVOS	12
1.4.1	Objetivo Geral	12
1.4.2	Objetivos Específicos	12
1.5	JUSTIFICATIVA	13
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.6.1	Materiais / Componentes	14
1.6.2	Cálculos para o Dimensionamento do Armazém	16
1.6.2.1	Dimensionamento do Armazém	17
1.6.3	Metodologia	18
1.7	EMBASAMENTO TEÓRICO	19
1.8	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	DEFINIÇÃO DE AS/RS	21
2.1.1	AS/RS do tipo <i>Unit Load</i>	22
2.2	DIMENSIONAMENTOS	23
2.3	COMPONENTES	25
2.3.1	Microcontrolador	25
2.3.2	Módulo Ponte H L298N	25
2.3.3	Módulo Ponte H L293D	27
2.3.4	Fontes de Energia	27
2.3.5	Motor de passo Nema 17	29
2.3.6	Motores de Corrente Contínua	29
2.3.7	Sensor Ultrassônico HC-SR04	31
2.3.8	Fuso de Rosca Trapezoidal M8 Aço SAE1045	31
2.3.9	Guia Linear 8mm de Aço SAE1045	32
2.3.10	Acoplamento flexível	33
2.3.11	Rolamentos Radiais de Esferas	33
2.3.12	Polias Dentadas ligadas por Correia	34
2.3.13	Materiais para Fabricação de Componentes	34
2.3.14	Sistema Supervisório	36
2.3.14.1	Software LabView	37
2.3.14.2	NI-Visa (Virtual Instrument Software Architecture)	38
3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
3.1	ESTRUTURA FÍSICA DO PROTÓTIPO	40
3.1.1	Problemas de Montagem	45
3.2	PAINEL ELÉTRICO	48
3.3	SEQUÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO	49
3.4	ESTRUTURA DA PROGRAMAÇÃO	51
3.4.1	Protocolo de Comunicação	55
3.5	FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	57
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
4.1	TRABALHOS FUTUROS	59
	APÊNDICE A - Desenho de fabricação da lateral direita da estrutura	67

APÊNDICE B - Desenho de fabricação da lateral direita da estrutura.....	68
APÊNDICE C - Desenho de fabricação do topo da estrutura.....	69
APÊNDICE D - Desenho de fabricação da base da estrutura.....	70
APÊNDICE E - Desenho de fabricação dos pisos da prateleira.....	71
APÊNDICE F - Desenho de fabricação das colunas da prateleira.....	72
APÊNDICE G - Desenho de fabricação da tampa da prateleira.....	73
APÊNDICE H - Desenho de fabricação da parede de sustentação e calços.....	74
APÊNDICE I - Desenho de fabricação dos suportes de guias.....	75
APÊNDICE J - Desenho de fabricação da bandeja e base de sustentação.....	76
APÊNDICE K - Desenho de fabricação dos suportes de poliacetal.....	77
APÊNDICE L - Desenho de fabricação dos suportes de nylon.....	78
APÊNDICE M - Desenho de fabricação dos fusos de rosca trapezoidal.....	79
APÊNDICE N - Desenho de fabricação das guias lineares.....	80
APÊNDICE O - Desenho de fabricação das laterais e suportes da esteira.....	81
APÊNDICE P - Desenho de fabricação do fundo e laterais do produto.....	82
APÊNDICE Q - Desenho de fabricação das laterais anterior e posterior do painel elétrico.....	83
APÊNDICE R - Desenho de fabricação das demais laterais, fundo e tampa do painel elétrico.....	84
APÊNDICE S - Desenho de montagem do Eixo X.....	85
APÊNDICE T - Desenho de montagem do Eixo Z.....	86
APÊNDICE U - Desenho de montagem do Eixo Y.....	87
APÊNDICE V - Desenho de montagem da esteira.....	88
APÊNDICE W - Desenho de montagem da produto.....	89
APÊNDICE X - Desenho de montagem do painel elétrico.....	90
APÊNDICE Y - Tela Inicial do Sistema Supervisório.....	91
APÊNDICE Z - Programação em Blocos do Sistema Supervisório - Parte 1.....	92
APÊNDICE AA - Programação em Blocos do Sistema Supervisório - Parte 2.....	93

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Os métodos de armazenamento desde sua origem possuíam o foco apenas em cargas pesadas, mas com o passar do tempo e com a evolução da tecnologia as cargas se tornaram cada vez menores e mais delicadas, exigindo cuidado em seu manuseio e organização em sua estocagem (MODERN MATERIALS HANDLING, 2012).

Grandes e médias empresas podem apresentar problemas pela falta de três principais pontos logísticos de armazenamento: verificação da quantidade dos produtos recebidos, eficiência do transporte interno dos produtos dentro do próprio armazém e guarda temporária no centro de distribuição (SISTEMA DE ARMAZENAGEM, 2015).

A automação é de grande valor para processos repetitivos, como é o caso da logística no carregamento de cargas. Com a automatização, as ações se tornarão padronizadas, gerando indicadores mais confiáveis sobre o andamento dos armazenamentos e com um controle centralizado, percebendo-se rapidamente tudo o que está em andamento no momento da consulta ao sistema de controle (P4PRO ORGANIZAÇÃO E PROJETOS, 2015).

Apesar das inúmeras vantagens, a maior desvantagem da automação, principalmente no Brasil, está no número baixo de profissionais que sabem trabalhar com a automação industrial (PORTAL EDUCAÇÃO, 2014).

Neste presente trabalho será apresentado um protótipo desenvolvido de um armazém em menor escala, em relação a um armazém industrial real, para uso didático. Como uma exemplificação do funcionamento de um Sistema de Armazenamento e Recuperação Automatizado (AS/RS) do tipo *unit load* (unidade de carga), que já substitui uma operação manual, antes realizada com auxílio de empilhadeira.

Segundo Groover (2001, p.337-339), assim como este modelo que trabalha com cargas de unidades armazenadas em paletes ou outros recipientes padrão,

também existem outras variações como: *deep-lane* (carga de alta densidade), *miniload* (pequenas cargas), *man-on-board* (com operador), *automated item retrieval system* (sistema de recuperação automatizado de produto), *vertical lift storage modules* (módulo de armazenamento de elevação vertical).

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo objetiva focar no Sistema de Armazenamento e Recuperação Automatizado (AS/RS) do tipo *unit load* (unidade de carga), sendo feito um protótipo de baixo custo e em menor escala em relação a um armazém industrial real. Ele tem finalidade didática para a compreensão de métodos de melhoramento da logística de armazenagem, e também para aprimoramentos de programação de sistema supervisorio pelo programa LabView e de microcontroladores, mais especificamente o Arduino.

1.3 PROBLEMA

Se o processo de armazenamento não apresentar uma boa organização, com um sistema de controle de entrada e saída, e mobilidade de forma cautelosa para cargas frágeis podem surgir diversos problemas, como atraso de saída, danificação ou até mesmo o extravio dos produtos estocados.

As principais falhas no processo de estocagem acontecem quando há o descuido em relação aos seguintes tópicos (SISTEMA DE ARMAZENAGEM, 2015):

- Verificação da quantidade dos produtos: quando não há o controle do número de produtos que entram e do número de produtos que saem da armazenagem, perdendo-se automaticamente o controle do estoque de produção;
- Eficiência do transporte dos produtos dentro do próprio armazém: o tempo gasto com a estocagem e recuperação por um operador humano é maior que o tempo gasto pelo equipamento, o primeiro ainda pode apresentar

problemas pela falta de precisão e de agilidade na movimentação da unidade de carga;

Sendo assim, para a correção das falhas apresentadas se faz necessária uma gestão organizacional, com foco no gerenciamento de estoques. E a automatização do processo é atualmente o melhor caminho para viabilizar este gerenciamento (MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS, 2011).

O país sofre com a falta de profissionais na área da automação industrial, de acordo com a ISA (Sociedade Internacional de Automação) estima-se que a carência chega a 30%. Para suprir a falta de mão de obra, as instituições de ensino técnico devem investir na formação de profissionais com os conhecimentos necessários para o dia a dia e que possam ser rapidamente inseridos no mercado (DIÁRIO DO GRANDE ABC, 2011). Para cursos técnicos a utilização de protótipos é a forma mais rápida e econômica de se definir e estudar um projeto, pois durante a interação real do usuário com o sistema é o momento em que os detalhes são percebidos, ou seja, um estudo prático nesta área contribui na formação de profissionais mais capacitados (THIAGO NASC, 2013).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Construir um protótipo de um Sistema de Armazenamento e Recuperação Automatizado (AS/RS) de baixo custo para aplicações fundamentalmente didáticas em Sistemas Flexíveis de Manufatura.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recapitular os conhecimentos de Sistemas Flexíveis de Manufatura;
- Definir o modo de movimentação do equipamento de manipulação;

- Projetar a estrutura mecânica (disposição da estante e base do armazém);
- Definir a estrutura eletrônica (motor, alimentação, microcontroladores, drivers, sensores);
- Determinar um gerenciamento via supervisor para implementar o controle de armazenagem e recuperação de cargas;
- Construir a estrutura mecânica do protótipo;
- Programar no microcontrolador os movimentos e as condições de controle do equipamento de manipulação;
- Elaborar a programação do sistema supervisor;
- Acoplar os motores aos eixos de movimentação;
- Interligar os componentes eletrônicos (fontes, microcontrolador, módulos ponte H, motores e sensores);
- Realizar a comunicação entre microcontrolador e sistema supervisor;

1.5 JUSTIFICATIVA

O armazenamento é um setor muito importante no processo de produção, por ser o meio termo entre o recebimento do produto e a fabricação ou entre a fabricação e a expedição. E o seu mal gerenciamento pode acarretar danos em diversas áreas da produção, desde um colaborador ocioso até um cliente insatisfeito pela falta do produto desejado em estoque (DIEDRICH, 2013, p.07). Portanto para o estudo de situações adversas como estas que podem ocorrer no cotidiano de uma empresa será construído um protótipo de um armazém, sendo ele de grande auxílio na formação de profissionais mais capacitados a agirem rapidamente nestas circunstâncias inesperadas.

O modelo didático será utilizado para observação em laboratório de FMS (Sistemas Flexíveis de Manufatura). Ele demonstrará como poderá ser solucionada uma das principais falhas do processo:

- Pelo serviço de armazenagem ser de grande repetitividade, um sistema de comandos computadorizados apresenta mais precisão na execução dos comandos, ajudando no aumento da qualidade e da produtividade do serviço

prestado, reduzindo os custos, e também evitando colocar funcionários em situações de risco (CITISYSTEMS, 2014).

Pelo estudo e aplicação deste projeto, haverá a prática dos conhecimentos na área de FMS, mecânica, eletrônica, programação e de *software* (supervisório).

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.6.1 Materiais / Componentes

Após análise dos materiais existentes no mercado e da sua facilidade de manuseio com seus custos, foram determinados os que seriam utilizados na execução do projeto, sendo eles listados a seguir:

- 1 microcontrolador Arduino MEGA, responsável pela execução de todas as ordens de movimentos no projeto;
- 3 módulos ponte H L298N para o controle dos dois motores de passo e dos motores da caixa de redução;
- 1 módulo ponte H L293D para o controle do motor CC;
- 1 motor CC AK360 para o movimento no eixo Y;
- 1 kit de motores com caixa de redução 70097 – Tamiya para movimentação da esteira;
- 2 motores de passo NEMA17 para os movimentos nos eixos X e Z;
- 1 fonte de computador para alimentação de 12V e 5V para os respectivos motores CC;
- 1 fonte chaveada de 24V para alimentação dos motores de passo;
- 1 sensor ultrassônico HC-SR04 para auxílio no controle da movimentação da esteira;
- Conectores Eletrônicos, utilizados para conectar todo os componentes eletrônicos, são fios cujo diâmetro varia de acordo com a corrente transmitida;

- Chapa de MDF com espessura de 6mm, a qual será o material para a construção das divisórias da prateleira, da caixa do painel elétrico, dos suportes para a esteira, da parede e base de sustentação dos eixos de movimentação Z e Y, da bandeja e por fim dos produtos;
- 2 painéis de eucalipto (1200x300x12mm) para a estrutura externa do armazém;
- Parafusos, porcas, arruelas, esquadros e cantoneiras, utilizados para a fixação da montagem das estruturas;
- 8 parafusos espaçadores hexagonais para fixação dos motores de passo;
- 3 fusos de rosca trapezoidal M8 Aço SAE 1045, utilizadas para transmitir os movimentos dos motores dos eixos X, Y e Z;
- 6 guias lineares M8 Aço SAE 1045 para auxiliar na movimentação nos eixos X, Y e Z;
- Poliacetal para fabricação dos suportes de conexão nas guias e fusos, utilizadas na movimentação nos eixos X, Y e Z;
- Nylon para o suporte superior e inferior das guias e fuso do eixo Z;
- Nylon para o suporte do motor do eixo Y;
- 4 rodas de plástico para a movimentação da esteira;
- Tela de algodão para a faixa estática da esteira;
- 2 tiras de borracha que se encaixam nas rodas plásticas da esteira, funcionando como uma faixa dinâmica para a movimentação da própria.
- 1 placa perfurada de plástico para sustentação da esteira;
- 2 acoplamentos flexíveis para acoplarem os fusos de rosca trapezoidal com os motores de passo dos eixos X e Z;
- 6 rolamentos radiais de esferas para movimentação dos fusos de rosca trapezoidal;
- 12 buchas flangeadas com *Teflon* para facilitar a movimentação nas guias lineares;
- 2 polias dentadas ligadas por correia para movimentação do fuso de rosca trapezoidal do eixo Y;

1.6.2 Cálculos para o Dimensionamento do Armazém

Segundo Groover (2001, p.345), para o dimensionamento de um armazém utiliza-se as seguintes fórmulas:

$$W = 2 \cdot (y + a);$$

$$L = n_x \cdot (x + a) + e \cdot (n_x + 1);$$

$$H = n_y \cdot (z + a) + e \cdot (n_z + 1);$$

Onde:

W = Espaço de armazenagem + espaço para locomoção, eixo y;

L = Comprimento da estante, eixo x;

H = Altura da estante, eixo z;

a = Espaço extra;

n_x = Número de compartimentos na horizontal;

n_z = Número de compartimentos na vertical;

e = Espessura da chapa de MDF da prateleira;

x = Largura do produto;

y = Comprimento do produto;

z = Altura do produto.

Sendo levados em conta os seguintes dados:

- Estrutura: chapas de MDF com 6mm de espessura;
- Espaço extra: 20mm;
- Número de compartimentos na horizontal: 5 compartimentos;
- Número de compartimentos na vertical: 4 compartimentos;
- Dimensões da Carga:
 - x = 60 mm (Largura do produto, eixo X);
 - y = 60 mm (Comprimento do produto, eixo Y);
 - z = 60 mm (Altura do produto, eixo Z).

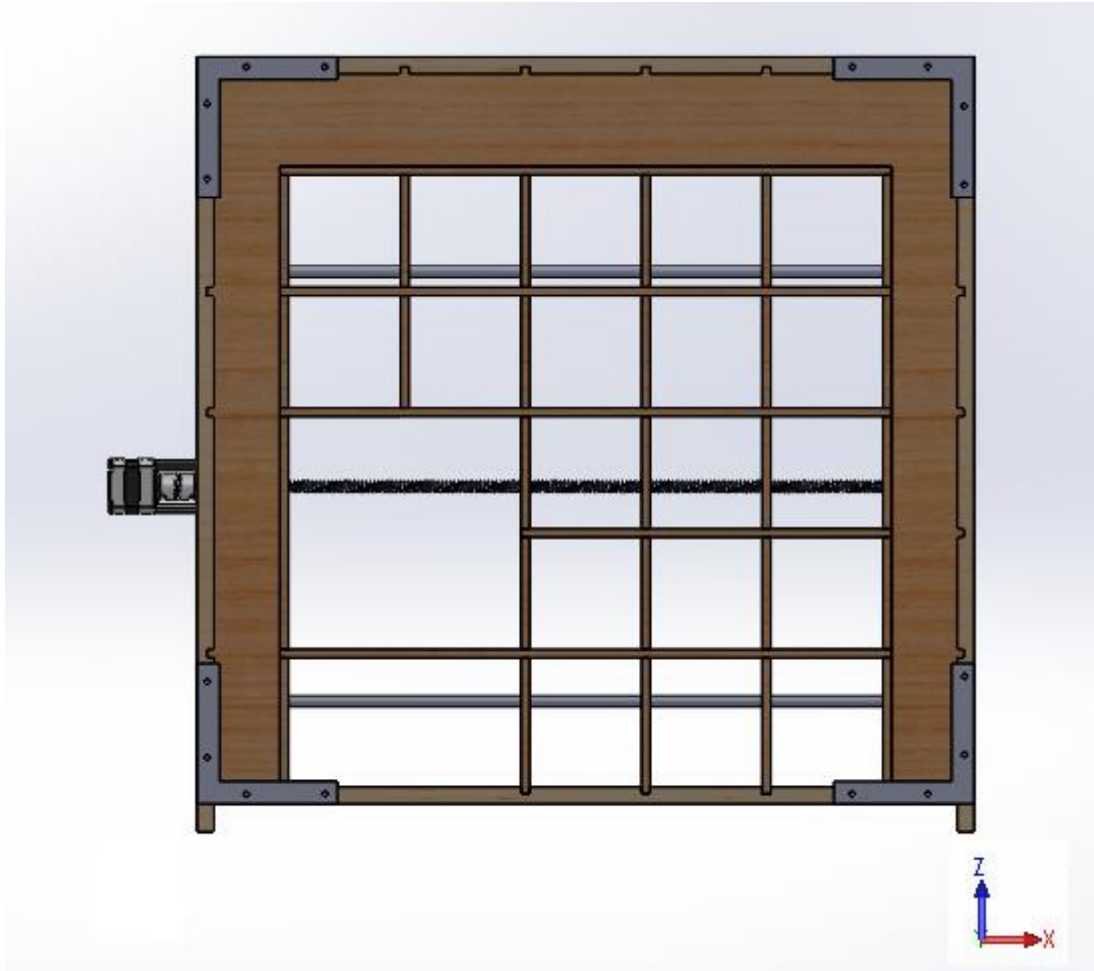


Figura 1 - Projeto do Eixo X do Protótipo, evidenciando o número de 16 compartimentos definidos

Fonte: Autoria Própria, 2016.

1.6.2.1 Dimensionamento do Armazém

- Largura da estante:

$$W = 2 \cdot (y + a)$$

$$W = 2 \cdot (60 + 20) = 160\text{mm}$$

- Comprimento da estante:

$$L = n_x \cdot (x + a) + 6 \cdot (n_x + 1):$$

$$L = 5 \cdot (60 + 20) + 6 \cdot 6 = 400 + 36 = 436\text{mm}$$

- Altura da estante:

$$H = n_z \cdot (z + a) + 6 \cdot (n_z + 1):$$

$$H = 4 \cdot (60 + 20) + 6 \cdot (4 + 1) = 320 + 30 = 350\text{mm}$$

- As medidas do armazém serão de 160 mm de largura, 436 mm de comprimento e 350 mm de altura.

1.6.3 Metodologia

O projeto do protótipo foi desenvolvido a partir de um estudo dos tipos de armazéns automatizados já existentes nas indústrias. Dentre eles, foi escolhido o tipo *unit load* (unidade de carga).

Inicialmente foi feito um modelamento das peças do projeto em *CAD*, pelo programa *SolidWorks*, para definição da mecânica e visualização da melhor forma de montagem de todos os componentes, tanto os mecânicos quanto os eletrônicos.

Após a definição dos materiais citados anteriormente, foi construído a estrutura do projeto dividido em dois segmentos: mecânico e eletrônico, sendo as duas partes integradas para o teste inicial de funcionamento.

A montagem do equipamento de manipulação se deu através de dois motores de passo com uma barra rosqueada acoplada em cada um, as quais farão a movimentação nos sentidos *X* e *Z*. Enquanto que a movimentação no sentido *Y* é realizada da mesma forma que os outros dois, porém com um motor CC.

Para a entrada e saída dos produtos do armazém foi separado um compartimento de carga e descarga, com uma esteira feita de tela de algodão sustentada por 4 rodas de plástico em uma placa perfurada também de plástico, sendo movimentada por um motor CC, com sua movimentação auxiliada por um sensor ultrassônico.

No controle do funcionamento foi escolhido o microcontrolador *Arduino*, que possui uma plataforma de linguagem simples, facilitando o desenvolvimento de códigos. Para o programa supervisor foi utilizado o *software LabView* por possuir muitos recursos para indicações de variáveis do processo apresentado no programa, sendo compatível com o *Arduino* através do canal de comunicação *NI-Visa*, próprio para a comunicação do supervisor com o microcontrolador.

Após a escolha dos componentes e dos softwares a serem utilizados decidiu-se a forma da interface de comunicação, com o desenvolvimento da divisão de *strings* utilizadas para troca de dados, sendo eles: ordens de armazenagem e de recuperação do produto, status do compartimento (ocupado ou vazio), confirmação de ordem (*ok*), teste de comunicação e alerta de erros, sendo elas implementadas no sistema supervisor e no microcontrolador.

A seguir a programação foi iniciada no *Arduino* e no sistema supervisor, que atuam em conjunto com os sensores na interpretação das ordens do operador e as enviam para os *drivers*, que farão o controle da alimentação dos motores que funcionarão da maneira desejada, movimentando o sistema.

Após os testes de todas as partes serem realizados com sucesso o projeto final foi montado para sua conclusão.

1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

Como referencial teórico para aprofundamento dos conhecimentos sobre métodos de armazenagem em larga escala utilizou-se Diedrich (2013), Campos (2003), Ferreira (2012), Tompkins (2010) e Greenwood (1988), principalmente para os dimensionamentos do armazém tem-se Groover (2001).

O referencial para a programação do microcontrolador *Arduino* e do sistema supervisor pelo *LabView* adotou-se o livro *Programming Arduino with LabView* de Schwartz e Manickum (2015), juntamente com publicações do site *Arduino*. Para a comunicação entre supervisor e microcontrolador, auxiliando na utilização do *NI-Visa* tem-se as publicações e tutoriais do site *National Instruments*.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta 4 capítulos divididos conforme a descrição abaixo:

Capítulo 1 – Introdução: Inserção do tema, delimitações do estudo, com a apresentação do problema, objetivos geral e específicos, e justificativa da escolha do assunto abordado. Também há a demonstração dos materiais escolhidos, forma de dimensionamento do protótipo e a metodologia adotada dentro do subtópico Procedimentos Metodológicos.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: Demonstrará com base em pesquisas bibliográficas a explicação de cada escolha feita no decorrer do projeto.

Capítulo 3 – Apresentação e Análise dos Resultados: Será descrita a forma final do protótipo, se necessário sendo apontados os pontos de melhorias das partes do projeto.

Capítulo 4 – Considerações Finais: Apresentação dos resultados encontrados e suas importâncias na utilização do protótipo, e sugestão de trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A utilização de armazéns no meio industrial é feita comumente para estocagem e distribuição de materiais manufaturados. “Estes sistemas variam desde pequenas estantes carregadas manualmente até estruturas de mais de 30 metros de altura automatizadas que utilizam empilhadeiras para a movimentação de cargas” (CAMPOS, 2003, p.01).

Segundo Ferreira (2012, p.265-266), o projeto do depósito, prateleiras, veículos de transporte, e dispositivos de armazenamento e retirada depende do produto, taxa de produção, filosofia de gerenciamento, exigências de segurança e muitos outros fatores. Ainda segundo o Professor, normalmente o sistema de transporte de materiais usados para a produção é diretamente interfaceado com o depósito. Por isso, em geral os mesmos dispositivos de transporte de materiais são usados no armazenamento dos itens.

2.1 DEFINIÇÃO DE AS/RS

O *Automated Storage and Retrieval System* (AS/RS), em português, Sistema de Armazenamento e Recuperação Automatizado, como o próprio nome diz, executa as operações de armazenamento e recuperação de cargas (Tompkins et al, 2010, p.263). Sendo este necessariamente controlado por computador, chamado de sistema de controle AS/RS (Greenwood, 1988, p.131).

Este tipo de equipamento tende a ser de um grande investimento financeiro para a empresa, mas de vantagem logística para o processo, executando as operações com velocidade e precisão definidos na programação, e também podendo ser instalados com o máximo do aproveitamento de espaço, com corredores estreitos e compartimentos de armazenamento do chão ao teto (Greenwood, 1988, p.131).

Há vários tipos de armazenamentos AS/RS disponíveis no mercado. Nos mais completos todas as operações são automatizadas, controladas pelo computador, e

integradas a fábrica ou ao armazém. Nos tipos mais simples, algumas atividades do processo são realizadas por trabalhadores humanos (Groover, 2001, p.337).

Ainda segundo Groover (2001, p.337, tradução nossa):

Cada corredor do AS/RS tem uma ou mais estações de entrada / saída onde os materiais são fornecidos para o sistema de armazenamento ou movidos para fora do sistema. As estações de entrada/saída são chamados de estações *pickup-and-deposit* (P&D) na terminologia AS/RS. As estações P&D podem ser operados manualmente ou interfaceados de alguma forma de um sistema de tratamento automatizado tanto quanto um transportador ou um AGV.

2.1.1 AS/RS do tipo *Unit Load*

Este tipo de sistema de armazenamento automatizado é normalmente um sistema projetado para unidades de carga em paletes ou em outros recipientes padrões, sendo os outros sistemas de armazenagem variações dele. A Figura 02 retrata o *Unit Load* AS/RS (Groover, 2001, p.337).

O sistema de armazenamento e recuperação *Unit Load* é subdividido em sistemas de armazenamento que carrega o sistema com as unidades de carga, e em sistemas de recuperação que permitem o acesso às unidades de carga para recuperação (Tompkins, 2010, p.252).

Cada uma das subdivisões tem seus tipos de equipamentos distinguidos um do outro pelas suas características. Para os sistemas de armazenamento, os equipamentos são distinguidos pela sua configuração do *rack*, a capacidade de profundidade da pista, acesso à unidade de carga, e os investimentos. E para os sistemas de recuperação são distinguidos pelo seu grau de automação, investimentos, a capacidade de altura de elevação e requisitos de largura do corredor (Tompkins, 2010, p.252 e 259).

Os sistemas de armazenamento e recuperação automatizados são diferenciados por três áreas de aplicação: (1) armazenamento e manuseio de unidade de carga, (2) preparação de encomendas, e (3) sistemas de armazenamento *work-in-process*. A primeira pode ser representada pelos tipos *Unit Load* e *Deep-lane*, onde tal aplicação é comumente encontrada em armazéns para produtos acabados em um centro de distribuição, e raramente na fabricação. Enquanto que para a segunda aplicação, ela pode ser representada pelos tipos *Miniload*, *Man-on-board*, e *automated*

item retrieval system, onde ela envolve a recuperação de materiais em quantidades inferiores a carga unitária completa (Groover, 2001, p.339).

Enquanto que para a última: sistemas de armazenamento *work-in-process* se refere a uma aplicação mais recente de tecnologia de armazenamento automatizado. Todos os sistemas de armazenamento automatizados representam uma maneira eficiente de armazenar materiais entre as etapas de processamento, particularmente no lote e produção de *job shop* (Groover, 2001, p.339).

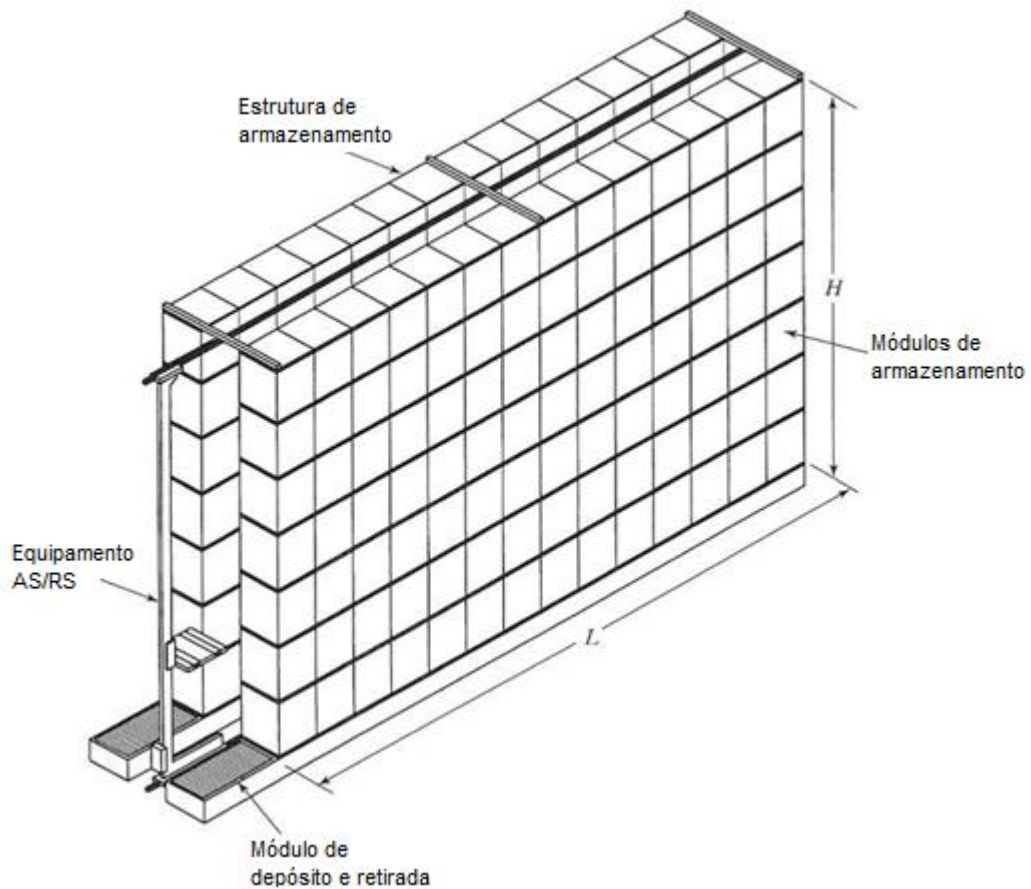


Figura 2 - Unit Load AS/RS

Fonte: GROOVER (2001, P. 338, tradução nossa)

2.2 DIMENSIONAMENTOS

Para o dimensionamento de um AS/RS, a capacidade total de armazenamento depende da quantidade de compartimentos que o sistema possuirá na

horizontal e na vertical, expressado segundo Groover (2001, p.344), da seguinte maneira:

$$\text{Capacidade por prateleira} = n_x \cdot n_z.$$

Onde n_x = número de compartimentos para armazenagem na horizontal e n_z = número de compartimentos para armazenagem na vertical.

Se forem consideradas as dimensões de cada compartimento como única e padrão, tal como as cargas, as dimensões do espaço de armazenagem deverão ser uma constante extra maior que as dimensões da carga. Pode se calcular as dimensões mínimas do armazém pelas expressões:

$$W_{\text{mín}} = 2 \cdot (y + a);$$

$$L_{\text{mín}} = n_x \cdot (x + a);$$

$$H_{\text{mín}} = n_z \cdot (z + a).$$

Onde $W_{\text{mín}}$, $L_{\text{mín}}$ e $H_{\text{mín}}$ são largura, comprimento e altura mínimos respectivamente da estrutura em milímetros; x , y e z são as dimensões da carga em milímetros, e a é a constante de espaço extra em milímetros (GROOVER, 2001, p.345).

Para o cálculo das dimensões exatas do armazém necessita-se considerar a espessura de cada secção que compõem a estrutura da prateleira. Logo utiliza-se as seguintes expressões para o cálculo das medidas da prateleira:

$$W = 2 \cdot (y + a);$$

$$L = n_x \cdot (x + a) + e \cdot (n_x + 1);$$

$$H = n_z \cdot (z + a) + e \cdot (n_z + 1).$$

Onde W , L e H são largura, comprimento e altura respectivamente da estrutura em milímetros; x , y e z são as dimensões da carga em milímetros; a é a constante de espaço extra em milímetros; e é a espessura das secções; n_x o número de compartimentos de armazenagem na horizontal e n_z o número de compartimentos de armazenagem na vertical (GROOVER, 2001, p.345).

2.3 COMPONENTES

Para uma melhor compreensão do funcionamento de todas as partes do protótipo os principais componentes serão detalhados nos tópicos abaixo.

2.3.1 Microcontrolador

O Arduino Mega possui o microcontrolador ATmega2560. Com uma tensão de operação de 5V, 54 pinos de entrada/saída digitais, 16 pinos analógicos, com 20mA de CC por pino de entrada/saída (ARDUINO, 2016).

A sua conexão com o computador é feita por um cabo *USB*, e a programação por um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) e executado em qualquer plataforma que suporte *Java*, com linguagem de alto nível *C* ou *C++* (MANICKUM; SCHWARTZ, 2015, p.05).



Figura 3 - Arduino Mega
Fonte: ARDUINO (2016)

2.3.2 Módulo Ponte H L298N

O módulo possui o Driver L298N, com uma ponte dupla para acionamento de relés, solenoides, motores CC e de passo (VIDA DE SILICIO, 2015). Podendo suportar 2 motores CC ou 1 motor de passo. Sua tensão de operação vai de 4 a 35V, com corrente de 2A por canal, a tensão lógica é de 5V e a corrente lógica de 0 a 36mA, com potência máxima de 25W (FILIPEFLOP L298N, 2013).

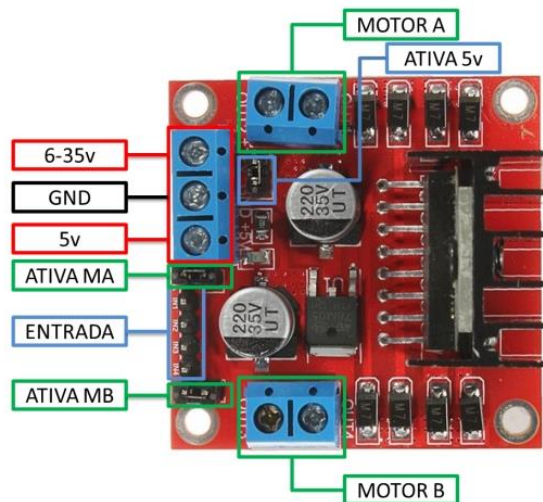


Figura 4 - Módulo Ponte H L298N
Fonte: FILIPEFLOP L298N (2013)

Segundo a Figura 04 (FILIPEFLOP L298N, 2013):

- Motor A e Motor B: conectores para ligação de 2 motores CC ou 1 motor de passo;
- Ativa MA e Ativa MB: pinos responsáveis pelo controle PWM dos motores A e B;
- Ativa 5V e 5V: o driver possui um regulador de tensão integrado. Quando está operando entre 6-35V, este regulador disponibiliza uma saída regulada de +5V no pino (5V);
- 6-35V e GND: onde será conectada a fonte de alimentação externa;
- Entrada: barramento composto por IN1, IN2, IN3 e IN4. Sendo estes pinos responsáveis pela rotação do Motor A (IN1 e IN2) e Motor B (IN3 e IN4).

2.3.3 Módulo Ponte H L293D

Módulo compatível com o Arduino, possui dois chips L293D, com cada um suportando uma saída de 600mA com picos de 1,2A por canal, possibilitando o controle de 4 motores CC, 2 servos motores (alimentados por 5V) ou dois motores de passo (FILIPEFLOP L293D, 2016).

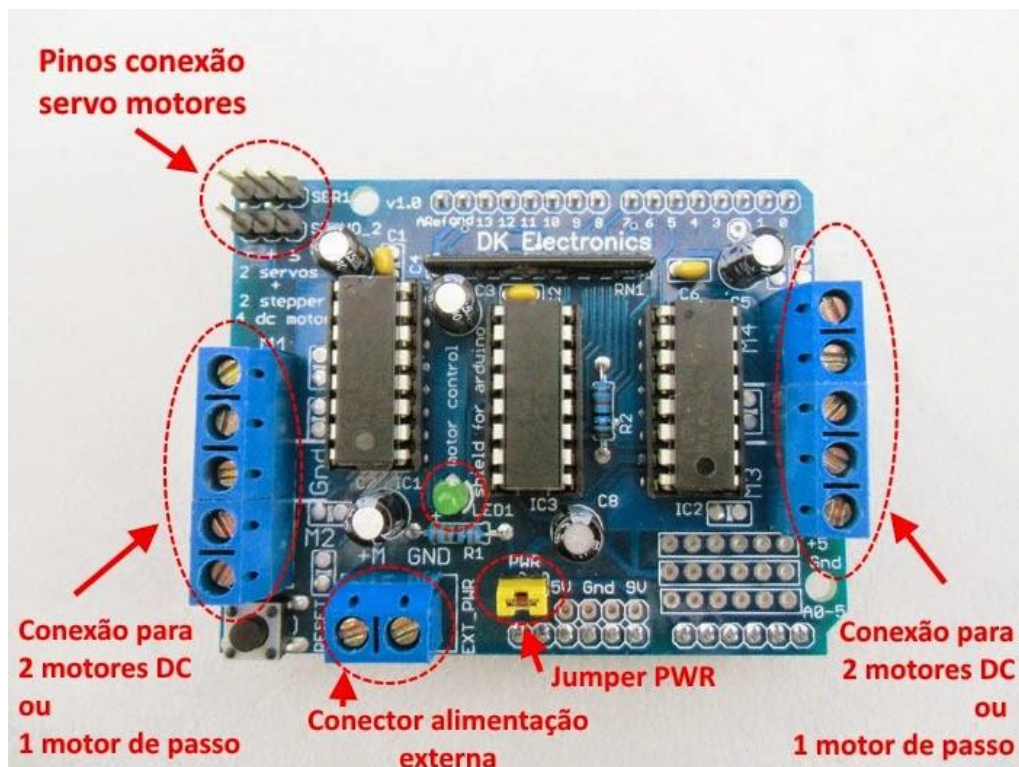


Figura 5 - Módulo Ponte H L293D
Fonte: ARDUINOECIA (2014)

2.3.4 Fontes de Alimentação

- Fonte de Alimentação Intelbras FA250W ATX

Utilizada para alimentação de computador, com 250W de potência, possui 2 saídas de 12V com corrente máxima de 20A, 1 saída de 5V com corrente máxima de 30A e 1 saída de 3,3V com corrente máxima de 20A. A fonte também apresenta

proteções contra subtensão, sobretensão e curto-circuito (CLUBE DO HARDWARE, 2012).



Figura 6 - Fonte de Alimentação Intelbras FA250W ATX
Fonte: CLUBE DO HARDWARE (2012)

- Fonte Chaveada

Sua função é controlar a tensão em uma carga abrindo e fechando um circuito comutador, mantendo a tensão desejada pelo tempo de abertura e fechamento deste circuito. Possui uma tensão de alimentação de 100 a 240V, com tensão de saída de 24V e corrente de 5A, tendo potência de 120W (BAÚ DA ELETRÔNICA, 2016).



Figura 7 - Fonte Chaveada 120W 24V 5A
Fonte: BAÚ DA ELETRÔNICA (2016)

2.3.5 Motor de passo NEMA 17

Seu funcionamento ocorre pela aplicação de corrente contínua em suas bobinas, o motor de passo se desloca $1,8^\circ$ a cada pulso de corrente recebida do driver de controle, portanto a velocidade do eixo é diretamente proporcional à frequência dos pulsos recebidos.

Sua denominação é dada pelo tamanho da aresta de seu flange, ou seja, o motor Nema 17 possui a aresta do flange de 1,7 polegada ou aproximadamente 42mm (KALATEC, 2016).

Possui a corrente de 0,1A, tensão de 12V e torque de 1,1 kgf.cm (NEOYAMA MOTOR DE PASSO, 2016).



Figura 8 - Motor de Passo Nema 17
Fonte: NEOYAMA MOTOR DE PASSO (2016)

2.3.6 Motores de Corrente Contínua

O motor de corrente contínua tem seu funcionamento a partir da atração e repulsão de seus polos magnéticos, no fluxo magnético e na indução da tensão elétrica. Montado com uma espira mergulhada em um fluxo magnético, quando ela sofre uma indução de tensão elétrica ocorre uma rotação em seu próprio eixo. Após este movimento o inversor que é localizado nas extremidades da espira alterna a direção da tensão elétrica, repetindo a ação de atração eletromagnética da espira com o campo eletromagnético do ímã permanente. Este processo se repete gerando uma rotação do eixo (FRANCA,2011 apud MORI, 2011).

- Motor CC AK360

Possui velocidade de 7000RPM, potência de 4,58W e torque de 78,8gf.cm, com corrente de 170mA e tensão de 12V (NEOYAMA MOTOR DC, 2016).



Figura 9 - Micro Motor DC AK360

Fonte: NEOYAMA MOTOR DC (2016)

- Kit de Motores com Caixa de redução 70097 – Tamiya

Kit com dois motores e caixa de engrenagens que alcançam velocidade de rotação de 12300RPM, operando entre 3 e 6V e corrente de 150mA (ROBOCORE, 2016).



Figura 10 - Kit de Motores com Caixa de Redução 70097 - Tamiya

Fonte: ROBOCORE (2016)

2.3.7 Sensor Ultrassônico HC-SR04

Utilizado como detector de objetos, se utiliza de sinais ultrassônicos para delimitar a distância até o obstáculo. Segundo sua descrição no Buildbot (2015) seu processo de medição ocorre em 3 etapas: um sinal de 10us (microssegundos) é enviado, indicando o início da medição; o módulo envia 8 pulsos e aguarda o retorno do sinal; após o retorno do sinal é determinada a distância pela equação: $\text{Distância} = (\text{pulso em nível alto} \times \text{velocidade do som (340 m/s)}) / 2$.

Ele é capaz de medir distâncias de 2cm a 4m, com precisão de 3mm, e seu ângulo de efeito é de 15 graus (FILIPEFLOP SENSOR, 2016).



Figura 11 - Sensor Ultrassônico HC-SR04
Fonte: FILIPEFLOP SENSOR (2016)

2.3.8 Fuso de Rosca Trapezoidal M8 Aço SAE1045

Sua aplicação é comum no meio industrial. A fricção do fuso é grande, mas exerce alta força (tração ou compressão) e é capaz de transmitir alto torque. Sendo basicamente uma barra reta com roscas e passos contínuos. No mercado elas são encontradas basicamente em alumínio e aço, sendo os do primeiro tipo utilizadas em aplicações para transmissões mecânicas de baixa e média carga (ATI BRASIL, 2016).

De acordo com as informações do fornecedor o fuso de rosca trapezoidal M8 possui passo de 2mm e diâmetro interno de 5,6mm.



Figura 12 - Fuso de Rosca Trapezoidal
Fonte: ATI BRASIL (2016)

2.3.9 Guia Linear 8mm de Aço SAE1045

As guias lineares normalmente são fabricadas de 5 a 80mm, produzido com aço retificado (AVA SISTEMA, 2016). São utilizados combinados com outros equipamentos, como por exemplo rolos-guias ou rolamentos, proporcionando alta precisão para o sistema, ainda permitindo que uma grande quantidade de carga seja movimentada (REFAÇO, 2016).

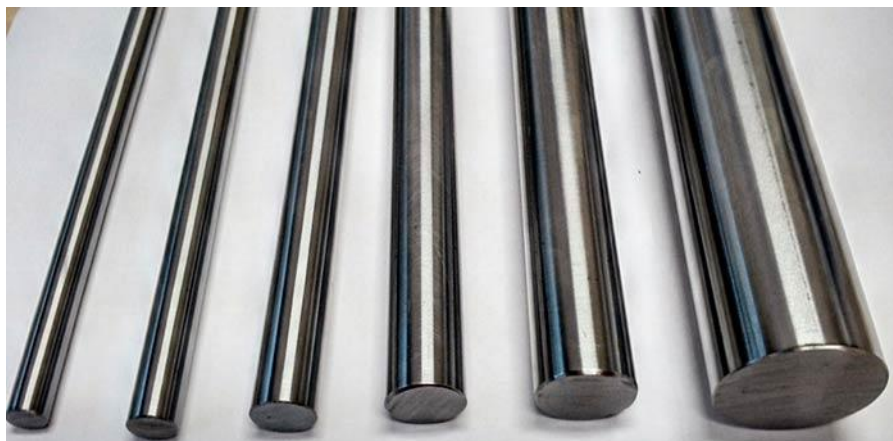


Figura 13 - Guia Linear
Fonte: AVA SISTEMA (2016)

2.3.10 Acoplamento flexível

São elementos utilizados para conectar e transmitir movimentos de um eixo de direcionamento para um eixo acionado, também conseguem compensar desalinhamentos entre os eixos, absorver choques e amortecer vibrações torcionais (SKF, 2016).



Figura 14 - Acoplamento Flexível
Fonte: SKF (2016)

2.3.11 Rolamentos Radiais de Esferas

Esse tipo de rolamento permite além da carga radial o apoio da carga axial ao eixo em ambos os sentidos (NSK, 2013). Com a utilização de rolamentos tem-se as vantagens de um menor coeficiente de atrito e fácil lubrificação. Rolamentos de esferas são indicados para aplicações de baixo torque e alta velocidade (NTN, 2016).



Figura 15 - Rolamento de Esferas
Fonte: YSZ (2016)

2.3.12 Polias Dentadas ligadas por Correia

Polias e correias são utilizadas na ligação de eixos distintos com o objetivo de transmitir potência e mudar a rotação do eixo (MINAS CORRENTES, 2016). Os dentes das polias são de principal importância no funcionamento do sistema, pois eles comandam a sincronia no sistema de transmissão de força (BORMAX, 2013).

Para seu funcionamento é necessária a presença de uma correia própria para o tipo específico da polia. A transmissão por correias oferece proteção contra choques, vibrações e sobrecarga, pois caso ocorra alguns desses problemas a correia deslizará protegendo o motor (POLIAS SINCRONIZADAS, 2016).



Figura 16 - Polias Dentas Ligadas por Correia
Fonte: POLIAS SINCRONIZADAS (2016)

2.3.13 Materiais para Fabricação de Componentes

Os materiais utilizados para os componentes fabricados para o protótipo foram os seguintes:

- Painéis de eucalipto: Madeira maciça emendada formando painéis para diversos usos. Por ser peças menores unidas são evitadas torções e deformações da madeira, sendo mais estável que a madeira maciça e mais duráveis que compensados e MDF (MBS, 2016);



Figura 17 - Painéis de Eucalipto
Fonte: MBS (2016)

- MDF: De fácil usinagem, permite excelentes acabamentos, com um menor desgaste de ferramentas, além de ser leve e de baixo custo (MASISA, 2016);



Figura 18 - MDF
Fonte: MASISA (2016)

- Poliacetal: Material rígido, com grande estabilidade dimensional, e excelente resistência ao escoamento e a fadiga por vibrações; além de baixo coeficiente de atrito (PEAGE, 2016);

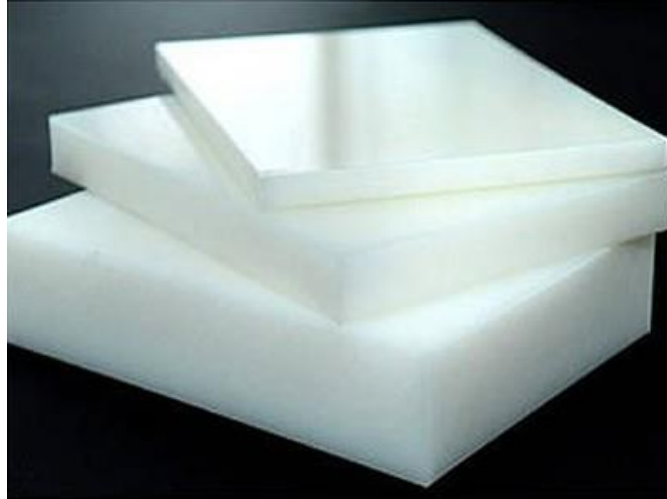


Figura 19 - Poliacetil
Fonte: PEAGE (2016)

- Nylon: Plástico da família das poliamidas, onde permitem a obtenção de um produto estável e bom desempenho. Ótimo em aplicações mecânicas, elétricas e químicas. Suas principais características são: baixo peso específico, facilidade de usinagem e temperatura de trabalho -30 a 100°C (PEAGE, 2016).



Figura 20 - Nylon
Fonte: PEAGE (2016)

2.3.14 Sistema Supervisório

Sistema supervisórios são utilizados para o monitoramento e rastreamento das informações de um processo produtivo. Estas informações são coletadas por periféricos e apresentadas ao usuário, que tem a possibilidade de analisá-las e/ou modificá-las, para que sejam aplicadas no processo produtivo (WECTRUS, 2015). As

telas que servem como interface homem máquina dependem basicamente da visão do processo do programador, com a utilização de telas gráficas, elementos lógicos como botões de liga e desliga, potenciômetros, entre outros objetos.

Cada evento é associado a um objeto no algoritmo, ou seja, quando algo é acionado na tela o controlador é avisado de que determinada função no campo seja ativada (CENTRAL MAT, 2003).

Como um exemplo de software para controle supervisão tem-se o *LabView*, que possui uma licença gratuita para estudantes.

2.3.14.1 Software LabView

O *LabView* (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) criado pela *National Instruments* é utilizado para automação de processos. Sendo composto pelo painel frontal, que contém a interface, e pelo diagrama de blocos com o código gráfico do programa. Sua linguagem gráfica é chamada de “G” (CERNE-TEC, 2016).

Não há necessidade da escrita de códigos na forma de texto já que sua programação gráfica se utiliza de ícones, baseada em fluxos de dados, semelhante a um fluxograma, que determinam a execução, sendo ela montada na forma de um diagrama de bloco.

No painel frontal são montados os controles e indicadores, com botões, *leds* e outros *displays*. Os controles fornecem dados para o diagrama de bloco e os indicadores exibem os dados que o diagrama de bloco adquire ou gera (NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, 2001, p. 17).

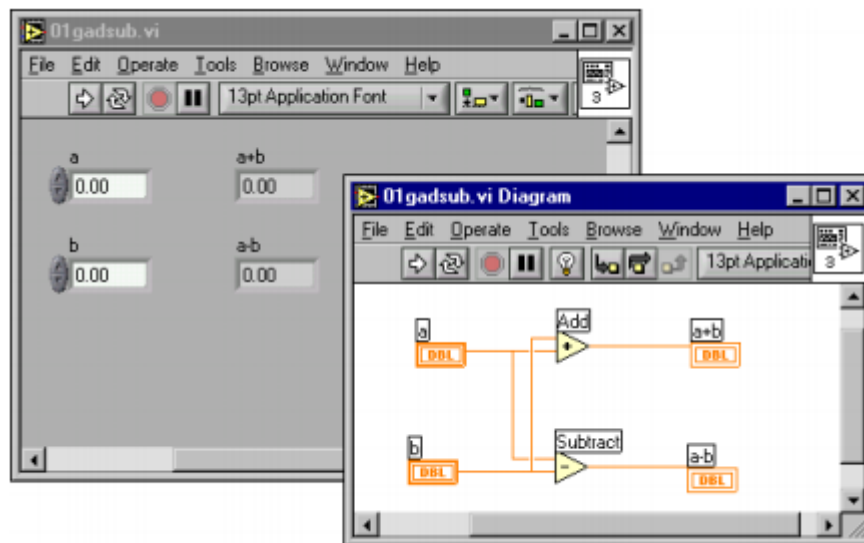


Figura 21 - Diagrama de Bloco e seu Painel Frontal
Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, p.18 (2001)

No diagrama de bloco podem ser montadas funções divididas hierarquicamente, formando um diagrama de alto nível, também podem ser utilizadas funções como *loops* (ciclos) para executar uma operação de forma repetitiva (NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, 2001, p. 05).

A programação por LabView normalmente é utilizada em conjunto com um CLP (Controlador Lógico Programável) com portas seriais. No entanto, pode ser utilizada também com microcontroladores que possuem a comunicação por USB, como por exemplo o Arduino, para isso se faz necessário um canal de comunicação entre o microcontrolador e o LabView. Para este canal de comunicação tem-se o NI-Visa, da National Instruments (MICRO EMBARCADO, 2012).

2.3.14.2 NI-Visa (Virtual Instrument Software Architecture)

O NI-Visa (Virtual Instrument Software Architecture) é utilizado para a comunicação do microcontrolador que utiliza USB com o LabView. Segundo o site oficial da National Instruments (NI VISA, 2009) sua função é configurar, programar e solucionar problemas de sistemas de instrumentação.

O NI-Visa possui a seguinte paleta de funções para o LabView (NI VISA Tutorial, 2009):

- Visa Open Function: Abre a sessão do dispositivo especificado e retorna um identificador de sessão, que é usado para chamar outra operação do dispositivo;
- Visa Read Function: Faz a leitura do número de bytes de um dispositivo especificado;
- Visa Write Function: Escreve os dados em um dispositivo especificado;
- Visa Close Function: Encerra a sessão ou evento.

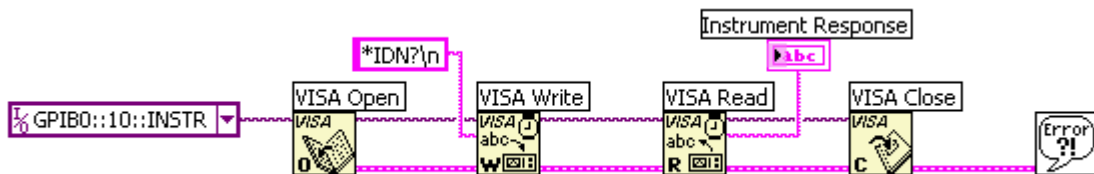


Figura 22 - Paleta de Funções para LabView
Fonte: NI VISA Tutorial (2009)

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 ESTRUTURA FÍSICA DO PROTÓTIPO

O protótipo foi construído conforme o planejado, porém com alguns problemas reduzidos e outros corrigidos.

A estrutura do protótipo, feita maior parte em madeira, pode ser dividida em três partes:

- Estrutura externa: feita de painéis de eucalipto, elas foram usinadas em quatro peças: base, topo e laterais, as quais foram fixadas com 2 esquadros, 1 cantoneira e parafusos auto atarraxantes em cada uma das pontas. Os desenhos de fabricação destas peças estão disponíveis nos apêndices A a D.



Figura 23 - Estrutura Externa
Fonte: Autoria Própria, 2016.

- Estrutura interna: feitas de chapas de MDF 6mm, elas foram usinadas em várias peças: parede de sustentação do eixo Z, base de sustentação do eixo Y, bandeja, suportes da esteira, tampa da prateleira e divisões

internas. As três primeiras peças foram fixadas com parafusos *Allen* (M5 ou M3), arruelas e porcas, enquanto que as três últimas foram cortadas de forma que as partes se encaixassem entre si, dando mais simplicidade na montagem da esteira e da prateleira.

Os rasgos das divisões da prateleira foram usinados com 0,2mm de folga em relação à espessura real de 6,3mm do MDF, para o possível encaixe das peças. Essas e outras informações quanto as dimensões das peças de MDF constam nos desenhos de fabricação disponíveis nos apêndices E a H, e J e O.



Figura 24 - Estrutura Interna
Fonte: Autoria Própria, 2016.

- Produto: foram feitos 9 unidades, também em MDF, encaixando os três tipos de peças, de forma a facilitar sua montagem. O desenho de fabricação do produto encontra-se no apêndice P.



Figura 25 - Produto
Fonte: Autoria Própria, 2016.

Todas as peças de madeira e MDF foram usinadas no laboratório de modelagem do DADIN, de acordo com os desenhos de fabricação realizados no *SolidWorks*. E devido à proibição de alunos manusearem a fresadora CNC, elas foram usinadas pelo técnico-administrativo da modelaria.

Para a movimentação foram utilizadas duas guias lineares e um fuso de rosca trapezoidal para cada um dos eixos (X, Y e Z), as quais foram compradas em tamanhos maiores para posteriores usinagens como descritos nos desenhos de fabricação presentes nos apêndices M e N.

Para as guias lineares houve apenas a necessidade de corte para o tamanho exato de acordo com o projeto, já os fusos de rosca, além do corte, foram necessárias usinagens nas pontas. Este último processo tinha o objetivo de reduzir o diâmetro de 8mm para 5 ou 4mm e acoplar, com maior área de contato, aos seus respectivos rolamentos radiais e acoplamentos flexíveis. Para a fase final de projeto, as guias e fusos foram usinados por um prestador de serviços, devido ao fato da inatividade das máquinas do novo laboratório do DAMEC no câmpus Ecoville.



Figura 26 - Detalhe Eixos de Movimentação
Fonte: Autoria Própria, 2016.

A transmissão dos movimentos para a bandeja é feita por meio de bases plásticas apoiadas nas guias e fusos da seguinte forma:

- Eixo X: três peças, sendo um suporte de conexão de poliacetal, que possui um furo central roscado para a movimentação no fuso de rosca trapezoidal; e dois suportes de conexão lisos de poliacetal, um para cada guia linear, sendo os dois com buchas flangeadas com *Teflon* para facilitar a movimentação. As três peças foram usinadas pelos membros da equipe no laboratório de usinagem convencional do DAMEC, de acordo com o desenho de fabricação do apêndice I.



Figura 27 - Peças de movimentação do Eixo X
Fonte: Autoria Própria, 2016.

- Eixo Y: três peças, sendo um suporte para bandeja, de poliacetal, na qual a bandeja é fixada na parte superior da peça. Ela possui três furos passantes, sendo o furo central com uma rosca interna para a movimentação no fuso de rosca trapezoidal, enquanto que os dois furos laterais são lisos, onde são inseridas as buchas com *Teflon*; um suporte de *nylon* para a fixação do motor; e um suporte, de poliacetal, para a fixação das guias. Diferentemente das peças do eixo X, as peças do eixo Y foram usinadas por um prestador de serviços, devido ao mesmo motivo anterior referente a inatividade das máquinas do laboratório do DAMEC. Os

desenhos de fabricação destas peças estão presentes nos apêndices K e L.



Figura 28 - Peça de Movimentação do Eixo Y
Fonte: Autoria Própria, 2016.

- Eixo Z: dois suportes de *nylon* para a fixação das guias e fusos e do motor de passo; e um suporte de conexão de poliacetal utilizado para a movimentação no eixo Z, possuindo três furos da mesma forma do suporte para bandeja, o furo central para a movimentação no fuso rosqueado e os outros dois para as guias lineares, nos quais estão as buchas flangeadas com *Teflon*. Nesta última peça também estão fixadas as guias e fuso de movimentação do eixo Y. Todas as três peças foram usinadas pelos membros da equipe no laboratório do DAMEC, de acordo com o desenho de fabricação dos apêndices K e L.



Figura 29 - Peça de Movimentação do Eixo Z e Suporte Inferior
 Fonte: Aatoria Própria, 2016.



Figura 30 - Suporte Superior do Eixo Z
 Fonte: Aatoria Própria, 2016.

Todos os desenhos de montagem estão presentes nos apêndices S a W.

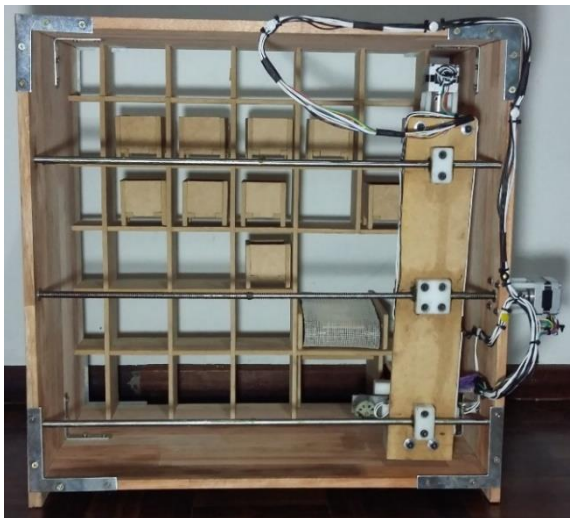


Figura 31 - Vista Posterior do Protótipo
 Fonte: Aatoria Própria, 2016



Figura 32 - Vista Anterior do Protótipo
 Fonte: Aatoria Própria, 2016

3.1.1 Problemas de Montagem

Durante e após a montagem do protótipo, foram gerados e encontrados vários problemas. Para isso foram listados a seguir os principais problemas, em ordem cronológica, juntos dos seus sintomas, causas, medidas de redução e/ou correção, e possíveis consequências dessas medidas:

1) Desalinhamento das guias do eixo Z:

- Sintoma: Travamento do suporte de conexão YZ nas guias;
- Causa: Falta de exatidão na usinagem dos furos dos suportes inferior e superior do eixo Z pelos membros da equipe;
- Medida de redução: Esmerilhamento de uma das pontas de uma das guias para criação de uma folga;
- Medida de correção: Reusinagem de um novo suporte superior pelo prestador de serviços.

2) Desalinhamento das guias do eixo Y:

- Sintoma: Travamento do eixo do motor CC;
- Causa: Falta de exatidão na usinagem do suporte de guias do eixo Y pelo prestador de serviços;
- Medidas de redução: Retirar o suporte de guias e inutilizá-la, visto que a ausência do mesmo não acarretaria novos problemas e nem geraria disfunções no protótipo;
- Consequência: Inutilização da base de sustentação de MDF do eixo Y que iria conectada ao suporte de guias, tal ausência que também não gerou novos problemas ou disfunções.

3) Avanço demasiado do suporte para bandeja do eixo Y no fuso roscado:

- Sintoma: Travamento do suporte para bandeja no suporte de conexão eixo YZ;
- Causa: Alta velocidade e alto tempo de avanço do motor;
- Medida de redução: Diminuição do tempo de avanço e velocidade, bem como a colagem de uma fita-dupla face no suporte para bandeja, para o sensor de contato absorver

melhor o impacto do próprio suporte, o qual se encosta nele para desligar o motor.

4) Falta de fixação da ponta do fuso roscado do eixo X no respectivo acoplamento:

- Sintoma: Motor de passo não consegue movimentar o fuso roscado com certa constância;
- Causa: Corte de 550mm de comprimento do fuso roscado pelo prestador de serviços, visto que o projetado era de 555mm;
- Medida de correção: Cortar 5mm no comprimento de todos os pisos das prateleiras, assim como da base e do topo da estrutura;
- Consequência: Inutilização da tampa da prateleira, a qual se fosse cortada os mesmos 5mm das outras peças de MDF, perderia a função de encaixe de um dos lados, porém sem maiores perdas já que tinha apenas função estética.

5) Desalinhamento das guias do eixo X:

- Sintoma: Travamento dos suportes das guias nas próprias guias;
- Causa: Falta de exatidão no corte de 5mm de todos os pisos da prateleira pelos membros da equipe, assim como a base e o topo da estrutura, e também na reusinagem dos rebaixos de todas as guias nas laterais da estrutura, causados justamente pelo problema ocorrido anteriormente. Acrescenta-se ainda o coeficiente de dilatação do eucalipto e MDF utilizadas em todo o protótipo;
- Medida de redução: Leve afrouxamento dos parafusos que fixam os suportes das guias e lubrificação mais constante das guias com graxa e lubrificante WD40.

6) Falta de capacidade do motor CC em movimentar o projeto anterior de esteira:

- Sintoma: Travamento constante do eixo do motor CC;
- Causa: Desalinhamento dos rolos de *nylon* e consequente saída da faixa de borracha do eixo dos rolos;
- Medida de correção: Substituição por um novo motor (kit de motores com caixa de redução), bem como por um novo sistema de esteira;
- Consequência: Furo desnecessário na coluna da extrema esquerda da prateleira, onde seria alocado o motor antigo.

Como complemento às soluções dadas para os problemas, foram listadas sugestões para trabalhos futuros no tópico seguinte.

3.2 PAINEL ELÉTRICO

O painel elétrico é um local reservado para acomodar todos os componentes eletroeletrônicos responsáveis por gerenciar e alimentar os atuadores e sensores do sistema, sendo separado do restante do protótipo para evitar interferências elétricas nas operações. Possui sistema de refrigeração e está conectado a estrutura do protótipo através de um conector de 24 vias utilizado para facilitar o encaixe e desencaixe dos cabos.

Nele encontram-se:

- Componentes de alimentação: fonte de computador e fonte chaveada 24V;
- Componentes de controle: microcontrolador, módulos ponte H e placa para sensores;
- Componente de refrigeração: *cooler* 120x120mm;

O painel elétrico ainda possui duas entradas externas: uma para alimentação e uma outra para o cabo de controle do microcontrolador.

A estrutura do painel é dividida em seis peças de MDF: o fundo, onde são parafusados com *Allen* M3 os componentes eletrônicos; a lateral direita, onde é encaixado o conector 24 vias; a lateral anterior, onde há rasgos para saída de ar quente; a lateral posterior, onde são parafusadas com *Allen* M3 a fonte de alimentação de 12V e o *cooler*; a tampa, para proteger os componentes, e a lateral esquerda. Elas foram fixadas com 2 cantoneiras e parafusos auto atarraxantes em cada uma das

pontas, com exceção do fundo que foi fixado com 4 cantoneiras às laterais, um no meio de cada aresta, e também da tampa, que foi presa apenas com 3 dobradiças internas de 180° à lateral posterior.

Os desenhos de fabricação das peças estão presentes nos apêndices Q e R, e os de montagem no apêndice X.

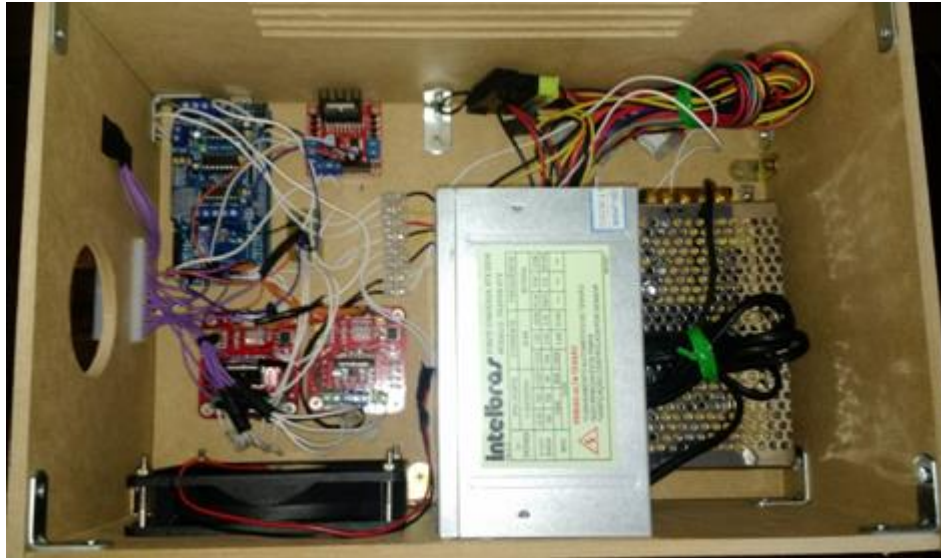


Figura 33 - Painel Elétrico
Fonte: Autoria Própria, 2016.

3.3 SEQUÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO

Considerando o ponto de origem (0,0,0) como o canto inferior direito da estrutura do protótipo, a movimentação durante os processos de armazenagem e de recuperação das cargas ocorre da seguinte maneira:

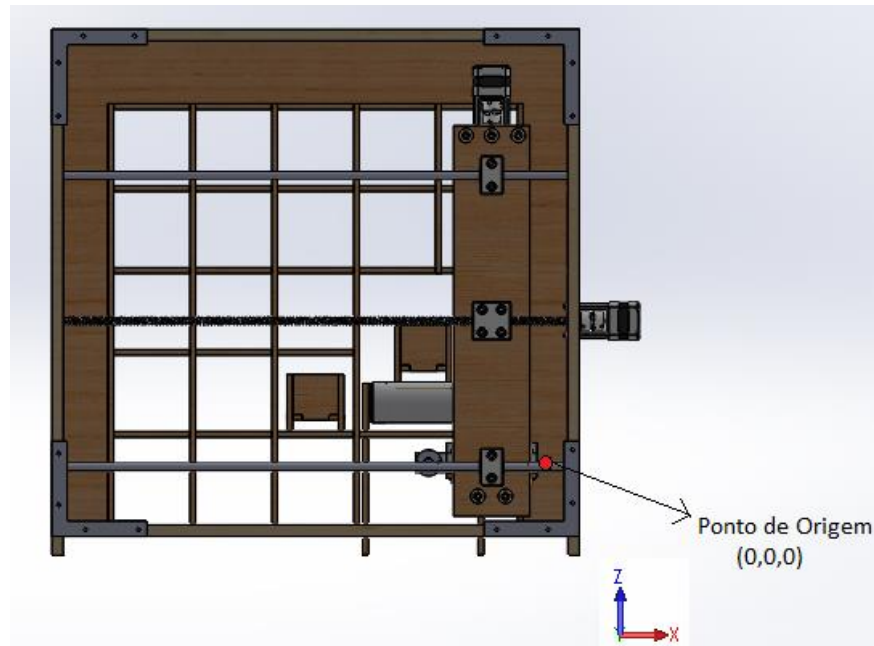


Figura 34 - Ponto de Origem
Fonte: Autoria Própria, 2016.

- Armazenagem:
 1. Deposição do produto na esteira de entrada;
 2. A ordem para a armazenagem em um determinado compartimento é acionada pelo sistema supervisor;
 3. Após a chegada ao final da esteira, o produto será coletado pela bandeja, que inicialmente estaria na posição de origem;
 4. O movimento para a coleta do produto será definido pelo posicionamento da bandeja, que consistirá em:
 - (a) Movimento no eixo Y+;
 - (b) Movimento breve em Z+, para uma pequena elevação do produto;
 - (c) Y- para o recolhimento da bandeja com a carga.
 5. O produto será levado até o local determinado, movimentando os eixos X e Z, um por vez;
 6. Para o depósito do produto haverá a seguinte sequência:
 - (a) A bandeja será posicionada um pouco acima da base do compartimento, para que o produto não colida com as divisórias do armazém;
 - (b) O eixo Y+ será acionado para que o produto entre no compartimento;

- (c) Movimento breve em Z-, até que o produto seja depositado no compartimento;
 - (d) Y- para o recolhimento da bandeja.
7. No fim do processo a bandeja poderá voltar para sua posição de origem após 60 segundos ou iniciar a próxima tarefa ordenada.
- Recuperação:
 1. A ordem para a recuperação de determinado produto é acionada pelo sistema supervisorio;
 2. A bandeja iniciará seu movimento até que esteja posicionada próxima ao produto a ser coletado, utilizando os eixos X e Z, um por vez;
 3. Sequência dos movimentos para a coleta do produto no compartimento:
 - (a) Acionamento do eixo Y+;
 - (b) Breve movimento em Z+ para uma pequena elevação do produto;
 - (c) Y- para o recolhimento da bandeja com o produto;
 4. Após o produto ser coletado, a bandeja se deslocará até a esteira de saída de cargas, onde o depositará para ser encaminhado à retirada;
 5. No fim do processo a bandeja poderá voltar para sua posição de origem após 60 segundos ou iniciar a próxima tarefa ordenada.

3.4 ESTRUTURA DA PROGRAMAÇÃO

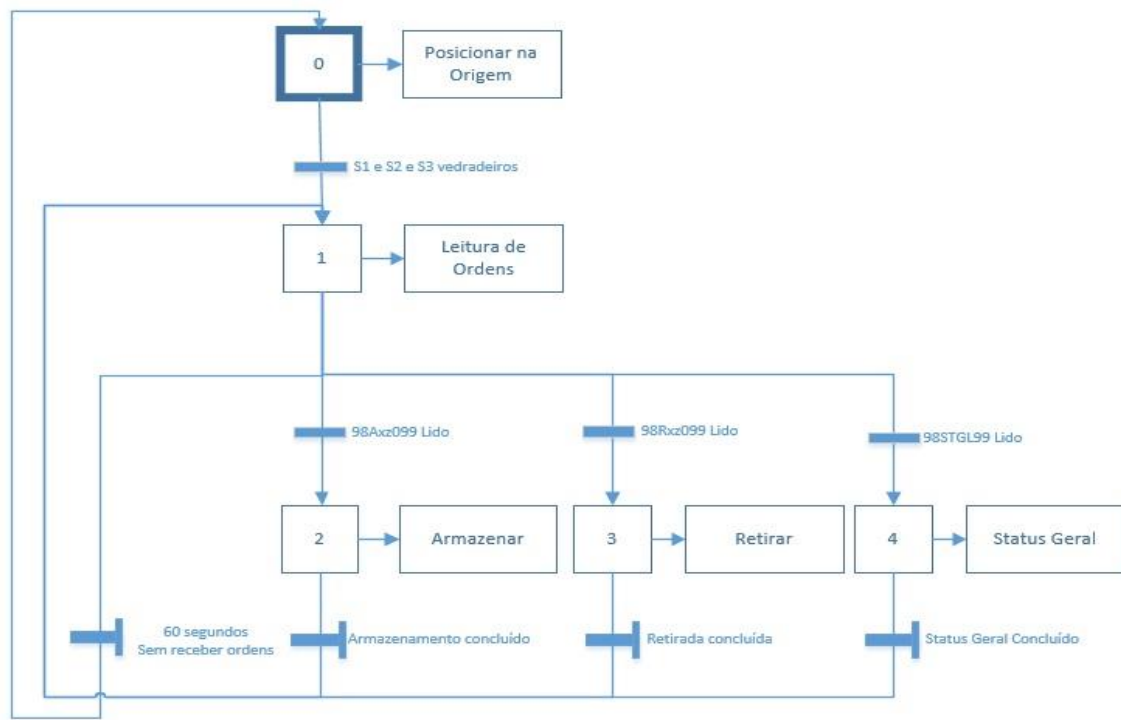


Figura 35 - Grafcet da Programação
Fonte: Autoria Própria, 2016.

A programação do projeto é dividida em 2 tópicos sendo eles, a programação do Microcontrolador Arduino, em linguagem própria e a programação do sistema supervisorio pelo LabView, utilizando programação em blocos.

A programação do microcontrolador é onde se encontram todos os dados de controle e atuação dos componentes eletrônicos, ela é responsável por interpretar os comandos vindos do usuário pelo sistema supervisorio e acionar os atuadores de maneira pré-definida e comunicar o supervisorio se a operação foi concluída ou se ocorreu algum erro para o supervisorio.

A programação do microcontrolador foi dividida em etapas e rotinas. As etapas são formadas por algoritmos que servem para identificar as ordens recebidas, verificar o estado dos sensores, mudar os estados na memória, responder confirmações de ordens para o supervisorio e acionar as rotinas. As rotinas são responsáveis por comandar os atuadores dando os parâmetros de velocidade, direção e sentido de acordo com as ordens recebidas nas etapas.

A arquitetura da programação se inicia declarando as variáveis e seu valor inicial, os algoritmos de comunicação com o supervisorio, etapas e rotinas.

A primeira etapa ou ETAPA 0, é responsável por levar a bandeja até a posição de repouso (0,0,0) sendo identificadas através dos estados dos sensores no fim de

curso de cada eixo. Os eixos movem-se um por vez, sendo o eixo Y o primeiro, o eixo Z o segundo e o eixo X o último. Após o deslocamento até a origem, o sistema manda esta informação para o supervisor e diz que está disponível para receber ordens.

A segunda etapa ou ETAPA 1, é responsável por interpretar as ordens vindas do supervisor e assim identificar qual etapa será chamada.

A terceira etapa ou ETAPA 3, é responsável pela operação de armazenagem. Na ordem vinda do supervisor é apontado o compartimento para qual o produto deve ser encaminhado. O algoritmo ao identificar as coordenadas verifica a disponibilidade do compartimento em uma variável do tipo inteira, que é armazenada em um vetor. Caso o local já esteja ocupado o programa indicará o erro para o supervisor e retornará para a ETAPA 1.

Se o compartimento estiver disponível o sistema verificará a esteira através do sensor ultrassônico para se certificar de que ela contém um produto para armazenagem. Caso não seja identificado um produto, o sistema indicará um erro de esteira vazia para o supervisor e retornará para a ETAPA 1. Se for identificado um produto o sistema chamará as rotinas de atuação seguindo a sequência de armazenagem.

A quarta etapa ou ETAPA 4, é responsável pela operação de retirada. Na ordem vinda do supervisor é contida o compartimento do qual o produto deve ser retirado.

O algoritmo ao identificar as coordenadas do compartimento verifica sua disponibilidade em uma variável do tipo inteira armazenada em um vetor, caso esteja vazio o sistema indicará o erro e retornará para ETAPA 1. Se o compartimento estiver disponível o programa verificará a esteira através do sensor ultrassônico para se certificar de que ela não contém um produto para armazenagem, tal operação é feita ativando a esteira por determinado tempo no sentido de trazer o produto até o interior do armazém e verificando o sensor novamente. Caso seja identificado um produto, o supervisor indicará um erro de esteira ocupada e retornará para a ETAPA 1. Caso não seja detectado nenhum produto, serão chamadas as rotinas de atuação de maneira que a bandeja realize a sequência de recuperação.

A quinta etapa ou ETAPA 5, é responsável por enviar o estado de cada compartimento para o supervisor. Como este dado é armazenado em um elemento de um vetor inteiro, o sistema escreve uma *string* de cada elemento.

A primeira rotina ou Função 1 é responsável por deslocar a bandeja no eixo X. Quando chamada o algoritmo verifica-se em qual posição o sistema deve ir e esta é subtraída da posição atual, caso o resultado seja positivo o sistema desloca-se no sentido negativo para o eixo X e Z. Caso o resultado seja negativo o sistema no sentido positivo em relação ao eixo X e Z. Ao final chama a Função 2. A unidade para medir a movimentação é passo, sendo que o motor move 200 passos para completar uma revolução. O passo do fuso é de 2mm logo 200 passos são equivalentes a 2mm de deslocamento.

A segunda rotina ou Função 2 é responsável por deslocar a bandeja no eixo Z assim como a Função 1. Utilizando a mesma unidade de passo. Ao seu final é chamada a Função 7 que indica o fim de cada rotina.

A terceira rotina ou Função 3 é responsável pelo avanço no eixo Y, acionando o motor CC em sentido horário. O avanço é controlado pelo tempo que a rotina permanece energizando as bobinas do motor. O tempo usado é de 2500 milissegundos. Ao final da rotina é chamada a Função 7.

A quarta rotina ou Função 4 é responsável pelo recuo no eixo Y, sendo contrária a Função 3, tendo avanço contínuo até a bandeja chegar no fim do curso ativando o sensor que lá se encontra. Ao final da rotina é chamada a Função 7.

A quinta rotina ou Função 5 é responsável por levantar ligeiramente a bandeja no eixo Z, o suficiente para suspender um pouco o produto após sua coleta. Para tal operação o motor gira 700 passos ou 7mm. Após o fim da rotina é chamada a Função 7.

A sexta rotina ou Função 6 é responsável por realizar o mesmo processo da Função 5 com a diferença que ela abaixa a bandeja em 600 passos ou 6mm. Ao fim da rotina é chamada a Função 7.

A Sétima e última rotina ou Função 7 é responsável por indicar o fim das rotinas de operação para que a programação continue.

A programação do sistema supervisório é feita de acordo com o modelo de fluxo de dados, o que oferece a esta linguagem vantagens para a aquisição de dados e para a sua manipulação.

Os programas em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais ou, simplesmente, IVs. São compostos pelo painel frontal, que contém a interface, e pelo diagrama de blocos, que contém o código gráfico do programa. O programa não é processado por um interpretador, mas sim compilado. Deste modo a sua performance

é comparável à exibida pelas linguagens de programação de alto nível. A linguagem gráfica do LabVIEW é chamada "G". O driver que possibilita a comunicação entre ele e o *Arduino* é o NI-Visa, que emula a porta serial RS232.

O supervisor contém um *layout* gráfico com menus para estabelecimento de comunicação, para envio de comandos, para *debug* e testes, indicador dos estados de cada compartimento, indicadores de operação do sistema e indicador de erro.

A programação do sistema supervisor segue a seguinte ordem:

É criada uma estrutura *while-loop* que mantém todo o sistema operando continuamente. Primeiramente é posicionado os blocos do *driver* NI-Visa onde são escritos os parâmetros que possibilitam a comunicação com o microcontrolador. Nesses blocos existe uma condição de que após o recebimento de 8 *bits* de comunicação é montada uma *string*, e é verificada se ela satisfaz as condições para conter informações. Caso seja verdadeira a informação é armazenada em um *buffer* de 16 *strings* que são lidas na medida em que o programa as executa, sendo uma por vez.

Em seguida tem-se a estrutura que interpreta a *string* que contém a informação do estado de cada compartimento. O algoritmo faz sua leitura e sincroniza a informação com a memória dos compartimentos no supervisor.

Posteriormente são lidas as memórias com informação dos compartimentos e dependendo de cada valor acende ou apaga a luz que indica o compartimento no sistema supervisor.

Também é presente a estrutura para comando de armazenagem, retirada e *status* geral, que escreve na serial a *string* correspondente às suas respectivas ordens.

Por último há a estrutura que interpreta os indicadores de operação acendendo as respectivas luzes indicadoras.

3.4.1 Protocolo de Comunicação

Para o programa foi desenvolvido um protocolo que consiste em uma *string* de 8 caracteres do tipo *char*.

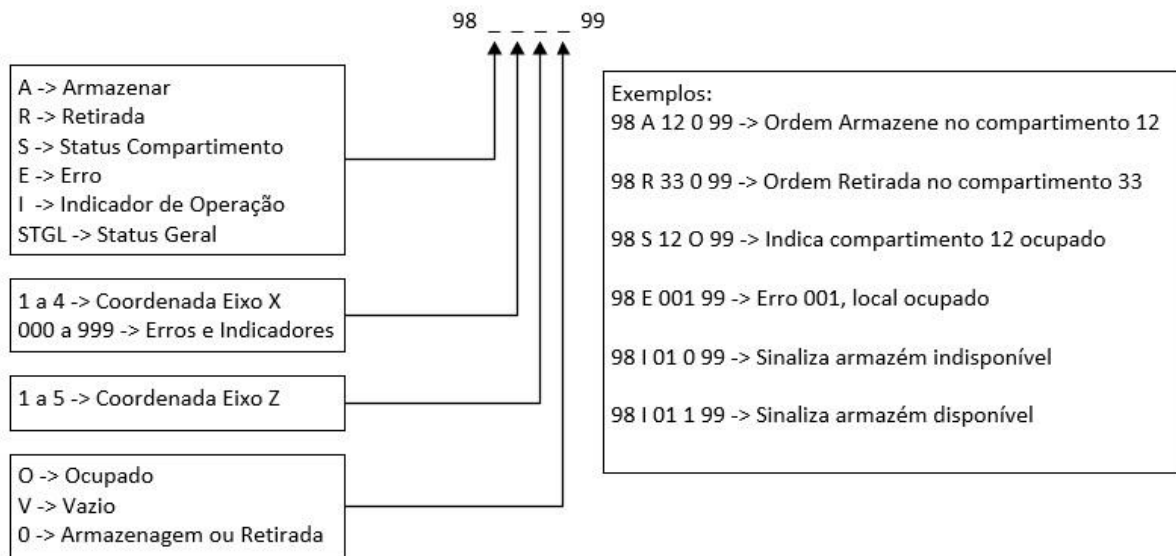


Figura 36 - Protocolo de Comunicação
Fonte: Autoria Própria, 2016.

São elas:

Comando	String	Descrição
Status do slot	98Sxzs99	Indica o estado de um compartimento sendo x para a coordenada no eixo X, z para a coordenada no eixo Z, s para O de ocupado e V para Vazio.
Ordem armazenar	98Axz099	Comando com ordem de armazenagem sendo x para a coordenada no eixo X e z para a coordenada no eixo Z
Ordem Retirada	98Rxz099	Comando com ordem de retirada sendo x para a coordenada no eixo X e z para a coordenada no eixo Z
Ordem Status Geral	98STGL99	Solicita o estado de cada compartimento
Erro Local Ocupado	98E00199	Erro para local ocupado quando deseja-se armazenar o produto
Erro Local Vazio	98E00299	Erro para local vazio quando deseja-se retirar o produto
Erro Esteira Vazia	98E00499	Erro para esteira vazia quando deseja-se armazenar algum produto
Erro Esteira Ocupada	98E00699	Erro para esteira ocupada quando deseja-se retirar algum produto

Erro Comando Inválido	98E00799	Erro caso comando feito manualmente não seja reconhecido
Recurso Disponível	98I01_99	Recurso que comunica sistema disponível para receber ordens quando valor é 1 (98I01199) e sistema indisponível para receber ordens quando valor é 0 (98I01099).
Recurso Em Movimento	98I02_99	Recurso que comunica sistema em movimento quando valor é 1 (98I02199) e sistema parado quando valor é 0 (98I02099).
Recurso Armazenando	98I03_99	Recurso que comunica sistema em rotina de armazenamento quando valor é 1 (98I03199) e sistema fora de rotina de armazenamento quando valor é 0 (98I03099).
Recurso Retirando	98I04_99	Recurso que comunica sistema em rotina de retirada quando valor é 1 (98I04199) e sistema fora de rotina de retirada quando valor é 0 (98I04099).
Recurso Esteira Ocupada	98I05_99	Recurso que comunica estado da esteira ocupada quando valor é 1 (98I05199) e esteira desocupada quando valor é 0 (98I05099).
Recurso Sistema Carregado	98I06_99	Recurso que comunica sistema carregado quando valor é 1 (98I06199) e sistema descarregado quando valor é 0 (98I06099).

Quadro 1 – Protocolo de Comunicação
Fonte: Aatoria Própria, 2016.

3.5 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Após estabelecida a conexão entre o protótipo e o supervisor, ocorre o acionamento dos motores, para o deslocamento da bandeja até o ponto de origem (0,0,0) da bandeja, sendo posicionados os eixos na seguinte ordem: Y, Z e X.

O sistema identifica o posicionamento da origem através dos sensores no fim do curso de cada eixo. Quando o sistema se encontra na posição de origem, todos os sensores estarão acionados. O microcontrolador ao identificar os sensores conclui a primeira etapa de posicionamento na origem e avançada para próxima automaticamente. Após concluída a primeira etapa, uma informação é enviada do

microcontrolador ao supervisor de que o armazém está disponível para receber ordens.

O supervisor pode então enviar 3 ordens, sendo elas: armazene um produto, retire um produto armazenado ou indique o status de cada compartimento (ocupado ou não).

Após ordem de armazenamento, o programa verifica a disponibilidade do compartimento em sua memória (*bit* de memória alocado para o determinado compartimento), depois verifica-se a existência de algum produto na esteira.

Para a verificação da disponibilidade da esteira ela gira em direção ao protótipo e o sensor ultrassônico diz se há a presença ou não de um produto, caso o sensor detecte algum, o programa prosseguirá para a próxima etapa. Se o compartimento estiver ocupado ou a esteira esteja sem produto será acionado um sinal de alerta para cada situação.

No próximo passo do processo, o programa posicionará a bandeja na borda da esteira, que será acionada rapidamente para posicionar o produto para a coleta. Então a bandeja é deslocada até o compartimento indicado e posiciona o produto no mesmo. Após o término da operação, o protótipo comunica ao supervisor a operação concluída e o compartimento como ocupado.

Para a ordem de retirada, o programa verifica a existência do produto no compartimento selecionado e verifica a existência de algum produto na esteira de maneira semelhante a ordem de armazenagem.

Com as condições para retirada satisfeitas, a bandeja é posicionada no compartimento desejado, realiza o carregamento com o produto, posiciona a carga na esteira e realiza o descarregamento, depois a esteira é impulsionada para a saída do produto do armazém, para assim concluir o processo de retirada. Após o término da operação, o protótipo comunica ao supervisor a operação concluída e o compartimento desocupado.

Para a ordem de status geral, o programa lê em sua memória o estado de cada compartimento (ocupado ou não) e comunica ao supervisor.

Após o término de cada operação, um contador é iniciado, caso o supervisor fique 60 segundos sem enviar alguma ordem o programa desloca a bandeja até a origem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do protótipo didático de armazenamento AS/RS foi concluída conforme os objetivos determinados no início do trabalho, porém com muitas dificuldades em diversos momentos durante o seu desenvolvimento, como pôde ser percebido na listagem dos problemas no tópico anterior. Eles são uma síntese de como um projeto mais bem planejado e definido trazem melhores resultados. Mas também que certas hipóteses são provadas, apenas testando-as.

Durante a montagem do protótipo até os seus devidos ajustes para a sua conclusão, notou-se que os materiais utilizados (madeira e plástico) em combinação com os fusos de rosca trapezoidal não foram boas escolhas para o projeto. O motivo para isso é em função da grande precisão que os fusos e guias exigem na usinagem dos materiais para garantir o alinhamento, e até mesmo à efeitos de dilatação da madeira com a variação da umidade, para não ocorrer travamentos.

Muitas dificuldades foram encontradas na programação: pela falta de maiores conhecimentos na programação do *LabView* e do *Arduino*, conhecimentos estes que foram sendo adquiridos no decorrer do processo de programação; a utilização do *Arduino* limitou a movimentação do protótipo, pois o microcontrolador permite apenas o envio de um único pulso por vez, fazendo com não se consiga a movimentação simultânea dos motores dos eixos X e Z.

Mas o protótipo cumpre com sua proposta, podendo ser utilizado principalmente para a observação do processo de armazenagem e também para a prática da programação do Sistema Supervisório pelo *LabView* e do *Arduino*.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

A seguir algumas sugestões para trabalhos futuros em relação ao protótipo apresentado:

- Para melhor movimentação do sistema no eixo X a parede de sustentação do eixo Z deve ter seu material trocado por um outro de menor índice de dilatação, como por exemplo o alumínio;
- Alterar a fixação das guias para permitir ajuste visando o correto alinhamento;
- Os motores de passo podem ser trocados por mais robustos, pois como o coeficiente de atrito do sistema é grande, eles atualmente estão trabalhando em seu limite de torque, 1,1Kgf.cm;
- As buchas flangeadas com *Teflon* podem ser trocadas por rolamentos de bucha de esferas lineares, os quais proporcionam menor atrito, sendo este ocasionado pelos desalinhamentos das guias gerados pela imprecisão de usinagem;
- Para melhor movimentação do sistema no eixo Y, deve inserir um motor CC mais robusto e um sensor final de curso, bem como guias e fuso de maior comprimento para que o percurso da bandeja tenha folgas e usinagem de um novo suporte de guias e fusos;
- Inserir esteira de tamanho maior, para utilização dela para a compreensão de outros processos;
- Redução do número de fontes para apenas uma, assim como no número de módulos ponte H para ao menos três ou duas. E ainda uma melhor organização dos fios, para melhor manutenção;
- Troca das atuais dobradiças internas de 180° presentes na tampa do painel elétrico por novas externas de 270°, possibilitando permanecer a tampa aberta sempre que desejar;
- Instalação de um sensor na bandeja para saber se há produto ou não nos compartimentos;
- Para a movimentação mais rápida da bandeja, a programação pode ser modificada para o acionamento dos motores de passo ocorrer simultaneamente (movimentação simultânea dos eixos X e Z), resultando na movimentação em diagonal;
- Inserir um cadastro de produtos feito a partir do sistema supervisorio;
- Colocação de códigos de barras nos produtos com um leitor na bandeja, para um melhor controle do que está sendo armazenado.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Genuino Mega 2560 Rev3.** Disponível em: <<https://store.arduino.cc/product/GBX00067>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

ARDUINOECIA. **Controlando motores DC com Arduino Motor Shield L293D.** Disponível em: <<http://www.arduinoecia.com.br/2014/07/arduino-motor-shield-l293d.html>>. Acesso em: 22 out. 2016.

ATI BRASIL. **Fuso de Rosca Trapezoidal.** Disponível em: <<https://atibrasil.com.br/wp-content/uploads/2016/08/fuso-de-rosca-trapezoidal-004.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

AVA SISTEMA. **Eixo Retificado.** Disponível em: <<http://www.avasistema.com.br/eixo-retificado.php>>. Acesso em: 22 out. 2016.

BAÚ DA ELETRÔNICA. **Fonte Chaveada 120W 24V 5A.** Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/fonte-chaveada-120w-24v-5a.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

BORMAX. **Polias Sincronizadas oferecem inúmeras vantagens ao seu projeto.** Disponível em: <<http://www.correiasindustriais.com.br/polias-sincronizadas-oferecem-inumeras-vantagens-ao-seu-projeto>>. Acesso em: 22 out. 2016.

BUILDBOT. **Como utilizar o sensor ultrassônico HC-SR04.** Disponível em: <<http://buildbot.com.br/blog/como-utilizar-o-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

CAMPOS, Simone R. **Estudo Teórico-Experimental de Sistemas de Armazenagem Industrial tipo Drive-in.** 2003. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

CENTRAL MAT. **Sistemas Supervisórios.** Disponível em: <<http://centralmat.com.br/Artigos/Mais/sistemasSupervisorios.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

CLUBE DO HARDWARE. **Teste da Fonte de Alimentação Intelbras FA250W ATX.** Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/teste-da-fonte-de-alimentacao-intelbras-fa250w-atx/2453/1>>. Acesso em: 22 out. 2016.

CITISYSTEMS. **Sete benefícios conquistados através da Automação Industrial.** Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/sete-beneficios-automacao-industrial/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

DIÁRIO DO GRANDE ABC. **Setor de automação têm carência de mão de obra.** Disponível em: <<http://www.dgabc.com.br/Noticia/120954/setor-de-automacao-tem-carencia-de-mao-de-obra>> Acesso em: 20 ago. 2016.

DIEDRICH, Marcos. **Estocagem: um Estudo de Caso em uma Empresa Distribuidora de Alimentos, Higiene e Limpeza**. 2013. 33f. TCC (Graduação em Administração), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

FERREIRA, João C. E. Manuseio de Materiais. **Sistemas Integrados de Manufatura**, Florianópolis, Cap.8, jun. 2012.

FILIPEFLOP L293D. **Motor Shield L293D Driver Ponte H para Arduino**. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b643-motor-shield-l293d-driver-ponte-h-para-arduino.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

FILIPEFLOP L298N. **Motor DC com Driver Ponte H L298N**. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/motores-e-servos/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

FILIPEFLOP SENSOR. **Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04**. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b8a2-sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

GREENWOOD, Nigel R.. **Implementing flexible manufacturing systems**. London: Macmillan education, 1988.

GROOVER, Mikell P. **Automation, production systems, and computer integrated manufacturing**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2001

KALATEC. **Motor de passo – Tudo que você precisa saber**. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-de-passo>>. Acesso em: 22 out. 2016.

MANICKUM, Oliver; SCHWARTZ, Marco. **Programming Arduino with LabVIEW**. 1ª ed. Inglaterra: Packt Publishing, 2015.

MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS. **Sistema Automatizado de Armazenamento**. Disponível em: <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3780-sistema-automatizado-de-armazenamento/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MASISA. **MDF x MDP**. Disponível em: <<http://www.masisa.com/bra/mdf-e-mdp/>>. Acesso em: 15 out. 2016.

MBS. **Chapa Painel Eucalipto**. Disponível em: <<http://www.madeireirabasesolida.com.br/P-000000170-CHAPA-PAINEL-EUCALIPTO-LIPTUS-2,20-X-60CM-X-26MM.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2016.

MICRO EMBARCADO. **Interligando Microcontrolador e LabView**. Disponível em: <<http://microembarcado.blogspot.com.br/2012/07/interligando-microcontrolador-e-labview.html>>. Acesso em: 15 out. 2016.

MINAS CORRENTES. **Produtos (Polias)**. Disponível em: <<http://www.minascorrentes.com.br/polias.php>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

MODERN MATERIALS HANDLING. **Automated storage**. Disponível em: <http://www.mmh.com/article/automated_storage_shuttle_technology_is_taking_off>. Acesso em: 10 jan. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. **Manual de treinamento do LabView Básico I**. Austin, Texas. 6 ed., 2001.

NEOYAMA MOTOR DC. **Micromotor DC**. Disponível em: <<http://www.neoyama.com.br/produtos/micromotores/micro-motor-dc/micro-motor-dc-tensao-1200-vdc-rpm-7000-rpm-torque-7880-gf-cm/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

NEOYAMA MOTOR DE PASSO. **Motor de Passo – Nema: 17**. Disponível em: <<http://www.neoyama.com.br/produtos/motores/motor-de-passo/motor-de-passo-nema-17-torque-110-kgf-cm-corrente-010-a/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

MORI, Nilson. **Princípio básico de funcionamento de um motor DC**. Disponível em: <<http://nilsonmori.blogspot.com.br/2011/05/principio-basico-de-funcionamento-de-um.html>>. Acesso em: 22 out. 2016.

NI VISA. **National Instruments VISA**. Disponível em: <<https://www.ni.com/visa/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

NI VISA TUTORIAL. **NI-VISA Overview**. Disponível em: <<http://www.ni.com/tutorial/3702/en/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

NSK. **Catálogo Geral NSK**. Disponível em: <<http://www.nsk.com.br/upload/file/Cat%C3%A1logo%20Geral%20NSK.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

NTN. **Classificação e Características dos Rolamentos**. Disponível em: <<http://www.ntn.com.br/pdfServicos/indiceA2/indiceA2.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

P4PRO ORGANIZAÇÃO E PROJETOS. **A Importância da Automação de Processos e do uso de Sistemas BPMS**. Disponível em: <<http://www.p4pro.com.br/index.php/artigos/43-a-importancia-da-automacao-de-processos-e-do-uso-de-sistemas-bpms-business-process-management-system>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PEAGE. **Linha de Produtos**. Disponível em: <<http://peage.com.br/>>. Acesso em: 15 out. 2016.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Conheça as Vantagens e Desvantagens da Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/53605/conheca-as-vantagens-e-desvantagens-da-automacao-industrial>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

REFAÇO. **Eixo de Aço Retificado**. Disponível em: <<http://www.refaco.ind.br/eixo-aco-retificado>>. Acesso em: 22 out. 2016.

ROBOCORE. **Kit Tamiya Dois Motores com Caixa de Redução 70097**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/produtos/kit-tamiya-dois-motores-com-caixa-de-reducao-70097.html>>. Acesso em 20 ago. 2016.

SISTEMA DE ARMAZENAGEM. **Armazenagem Estratégica**. Disponível em: <<http://www.sistemadearmacenagem.com.br/armazenagemestrategica/#more-317>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

SKF. **Acoplamentos de eixos flexíveis**. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/products/coupling-systems/flexible-shaft-couplings/index.html>>. Acesso em: 22 out. 2016.

THIAGO NASC. **A Importância dos Protótipos no Desenvolvimento de Sistemas**. Disponível em: <<http://thiagonasc.com/desenvolvimento-web/a-importancia-dos-prototipos-no-desenvolvimento-de-sistemas>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

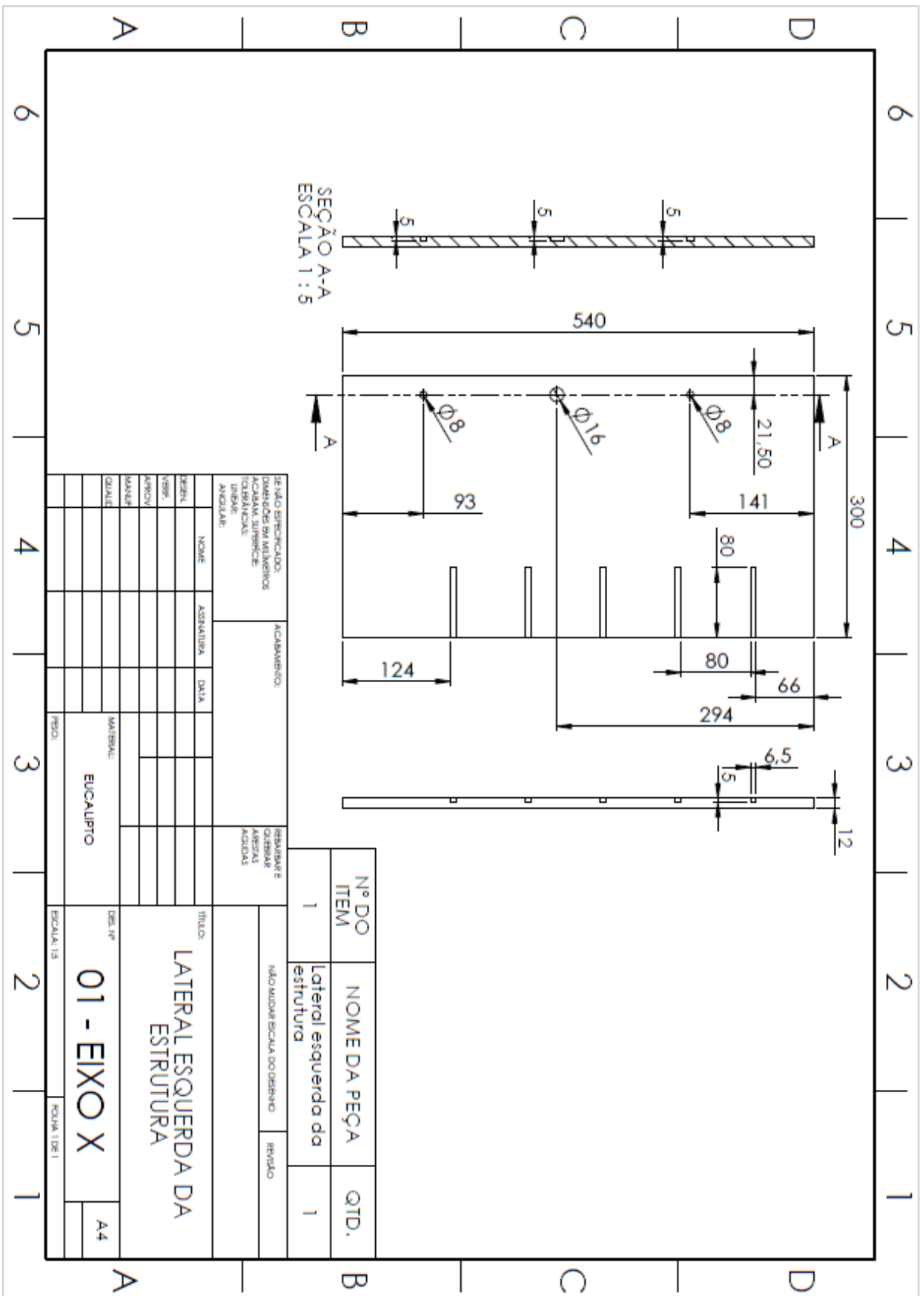
TOMPKINS, James A.; WHITE, John A.; BOZER, Yavuz A.; TANCHOCO, J. M. A. **Facilities planning**. 4th ed. United States: John Wiley & Sons, 2010.

VIDA DE SILICIO. **Módulo Ponte H L298N – O primeiro passo para montar seu robô com Arduino**. Disponível em: <<http://blog.vidadesilicio.com.br/arduino/modulo-ponte-h-l298n-arduino/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

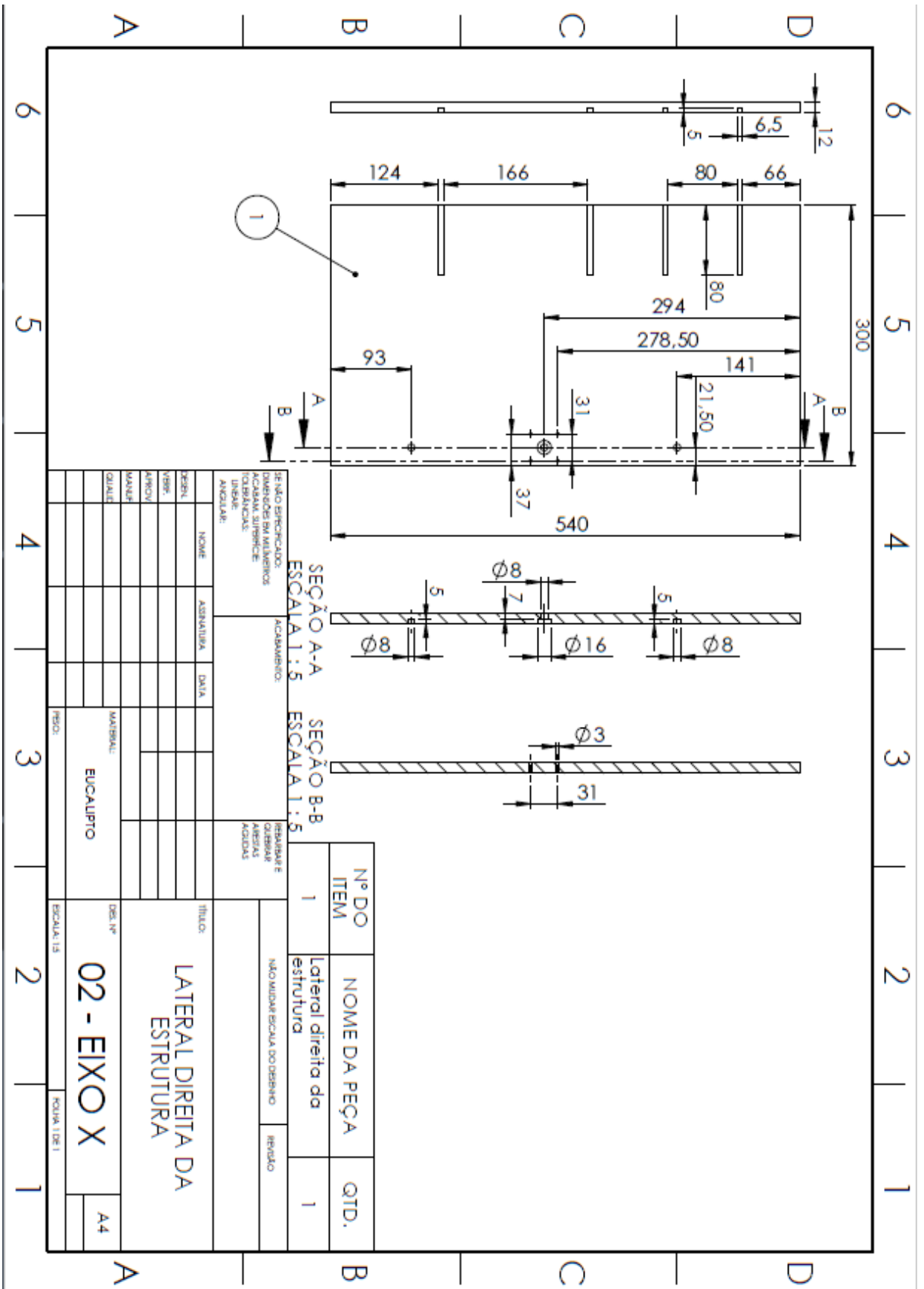
YSZ. **Rolamentos de esferas**. Disponível em: <<http://portuguese.balljointbearings.com/sale-312660-p2-p4-deep-groove-ball-bearings-for-axial-load-with-two-seals-2rs-on-both-side.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

WECTRUS. **O que são sistemas supervisórios?** Disponível em: <http://www.wectrus.com.br/artigos/sist_superv.pdf>. Acesso em: 22 out. 2016.

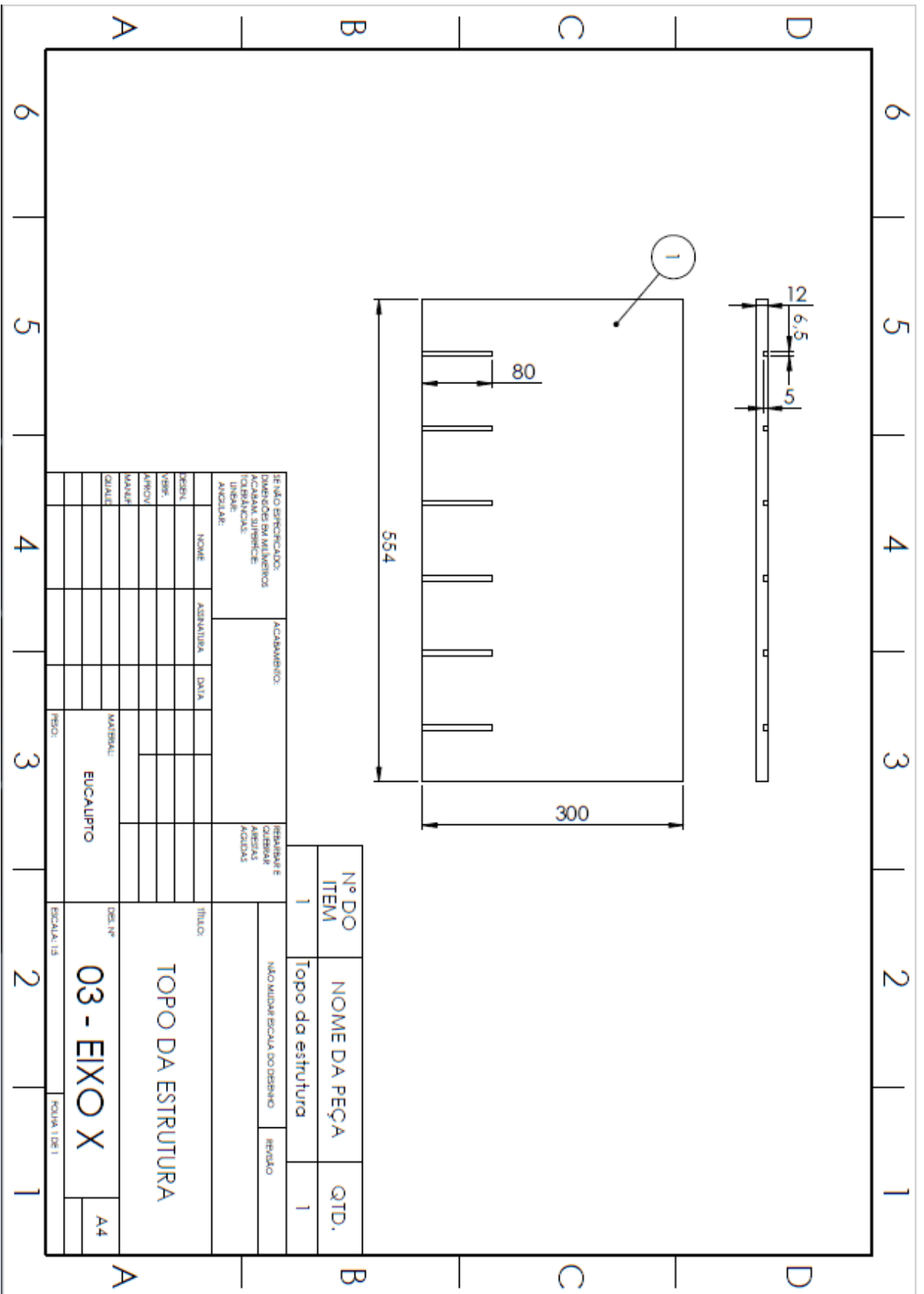
APÊNDICE A - Desenho de fabricação da lateral direita da estrutura



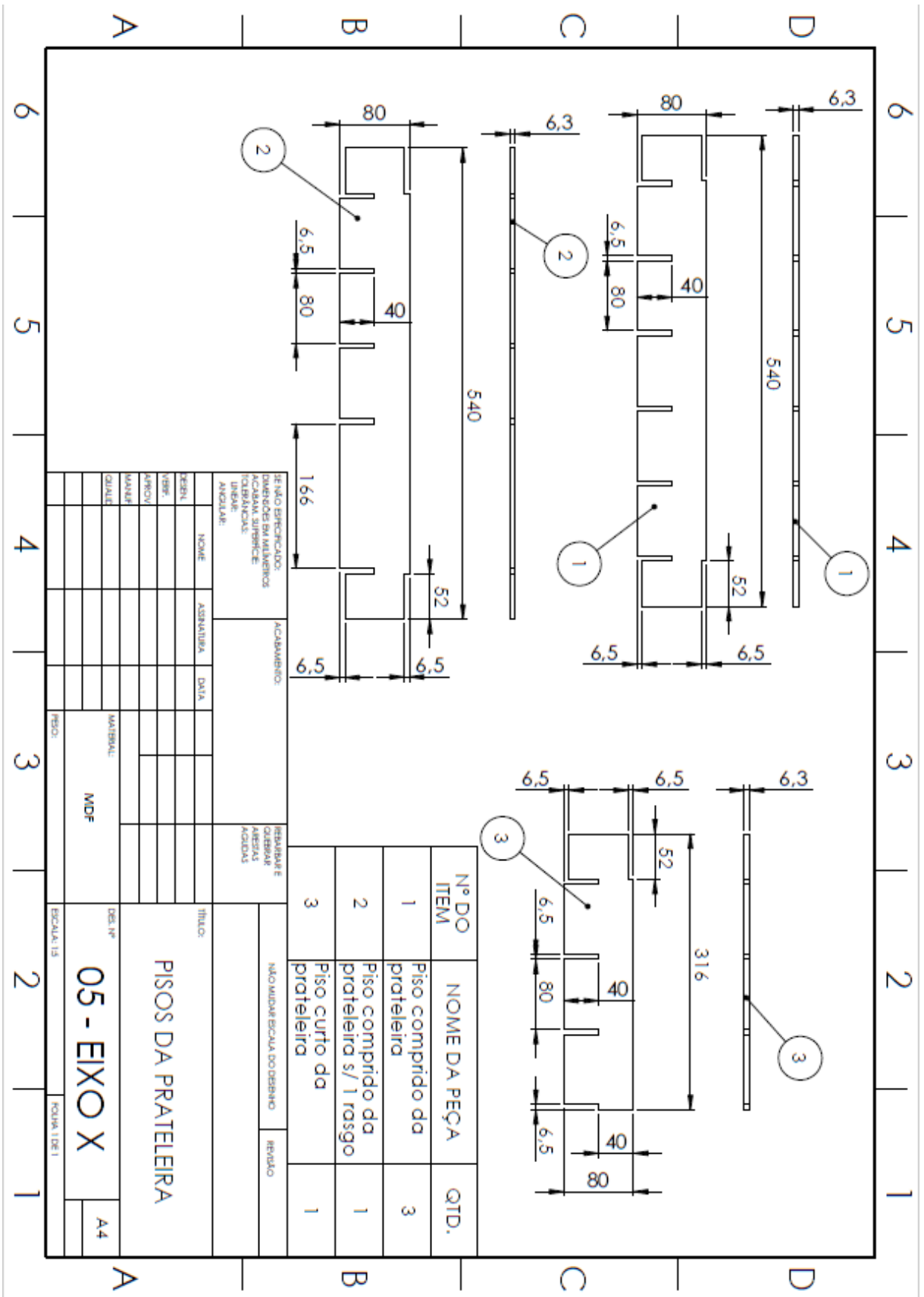
APÊNDICE B - Desenho de fabricação da lateral direita da estrutura



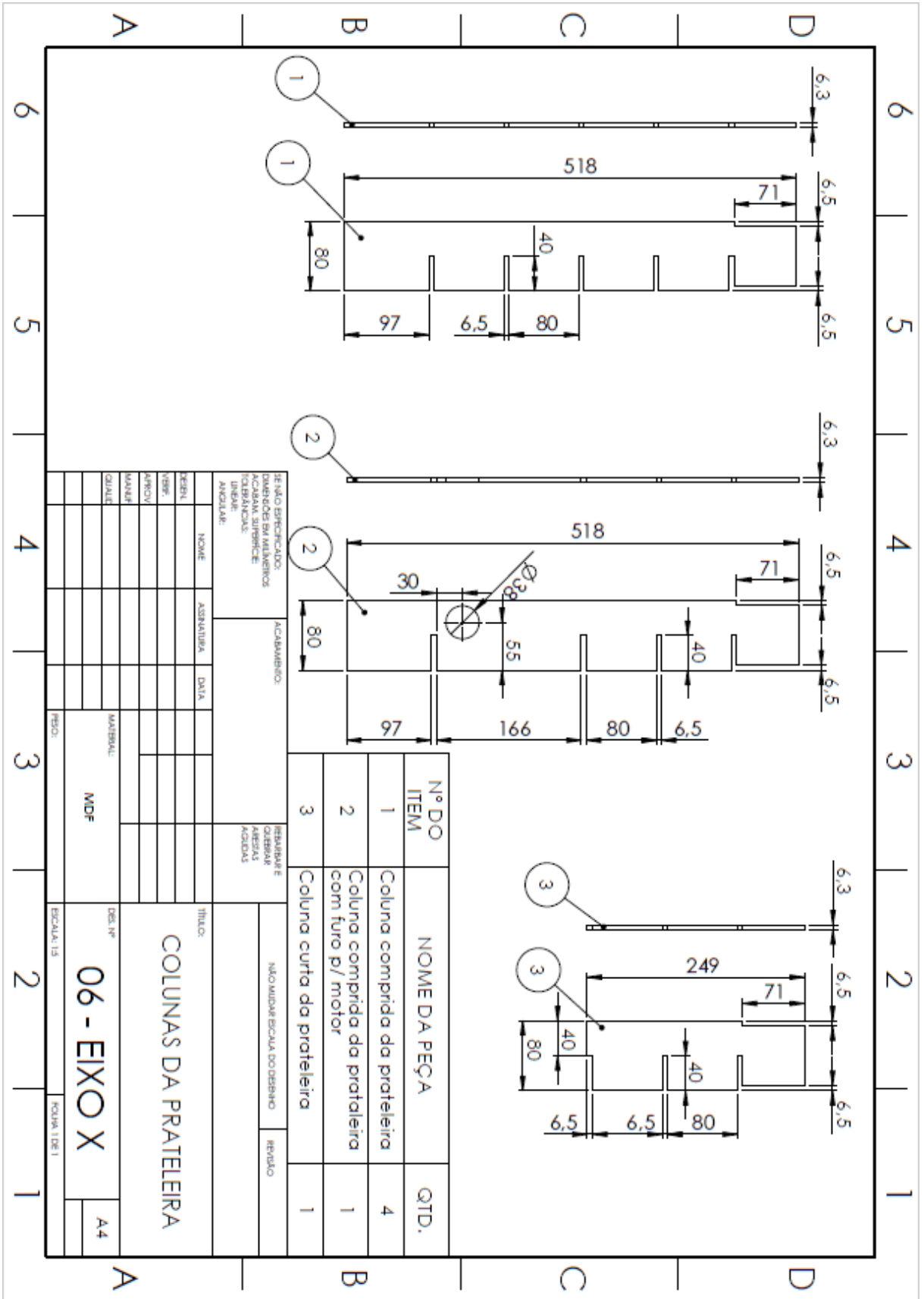
APÊNDICE C - Desenho de fabricação do topo da estrutura



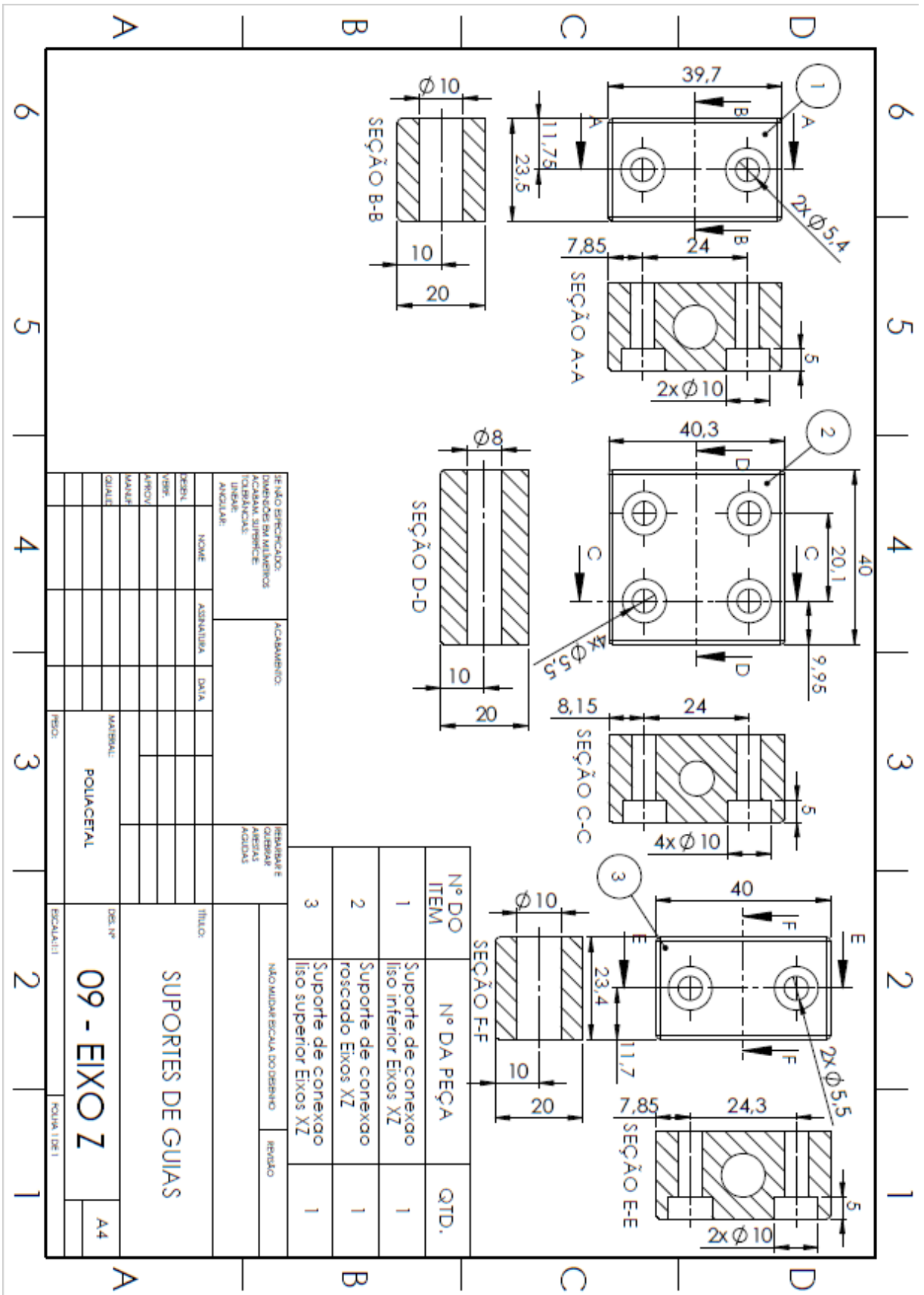
APÊNDICE E - Desenho de fabricação dos pisos da prateleira



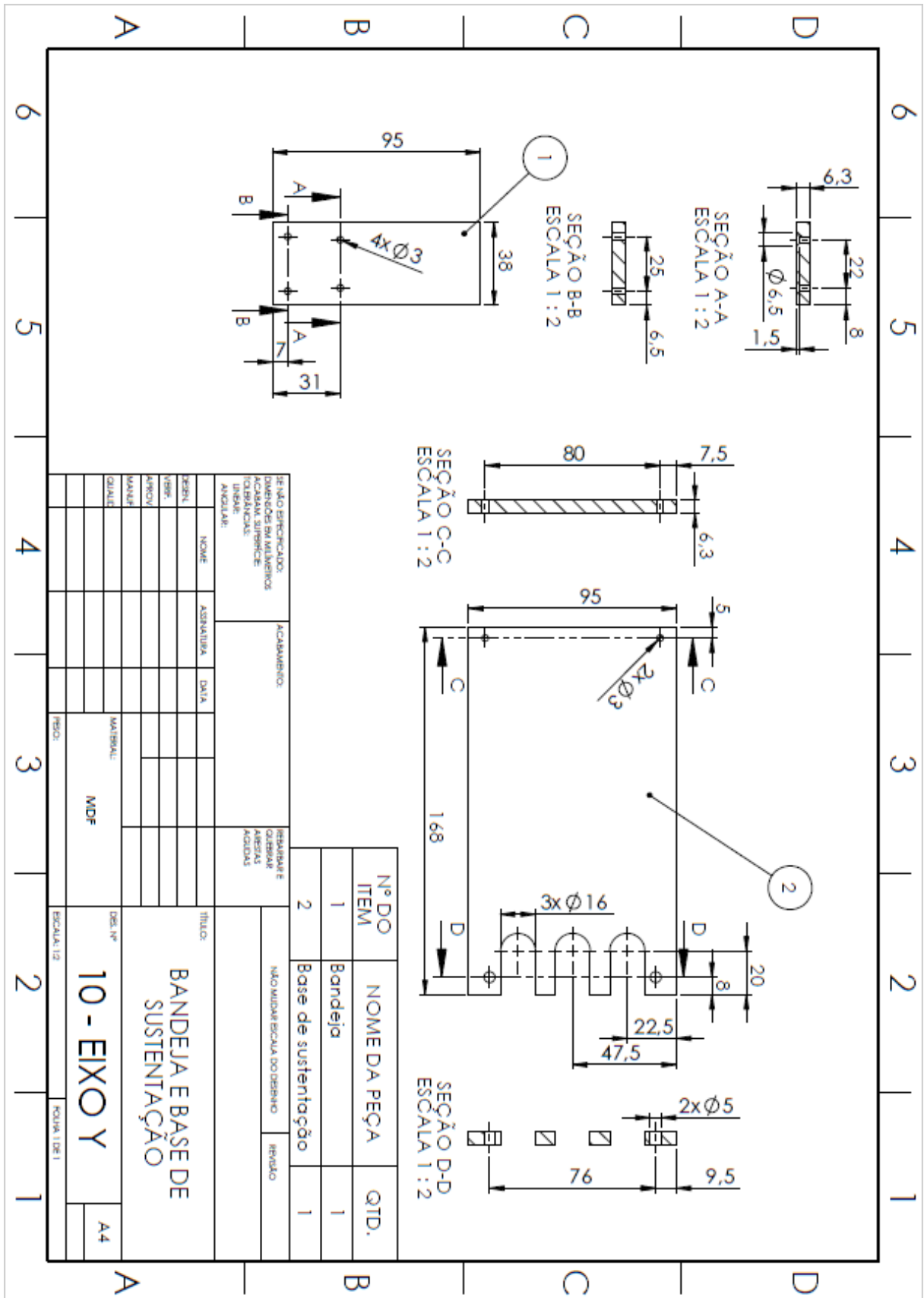
APÊNDICE F - Desenho de fabricação das colunas da prateleira



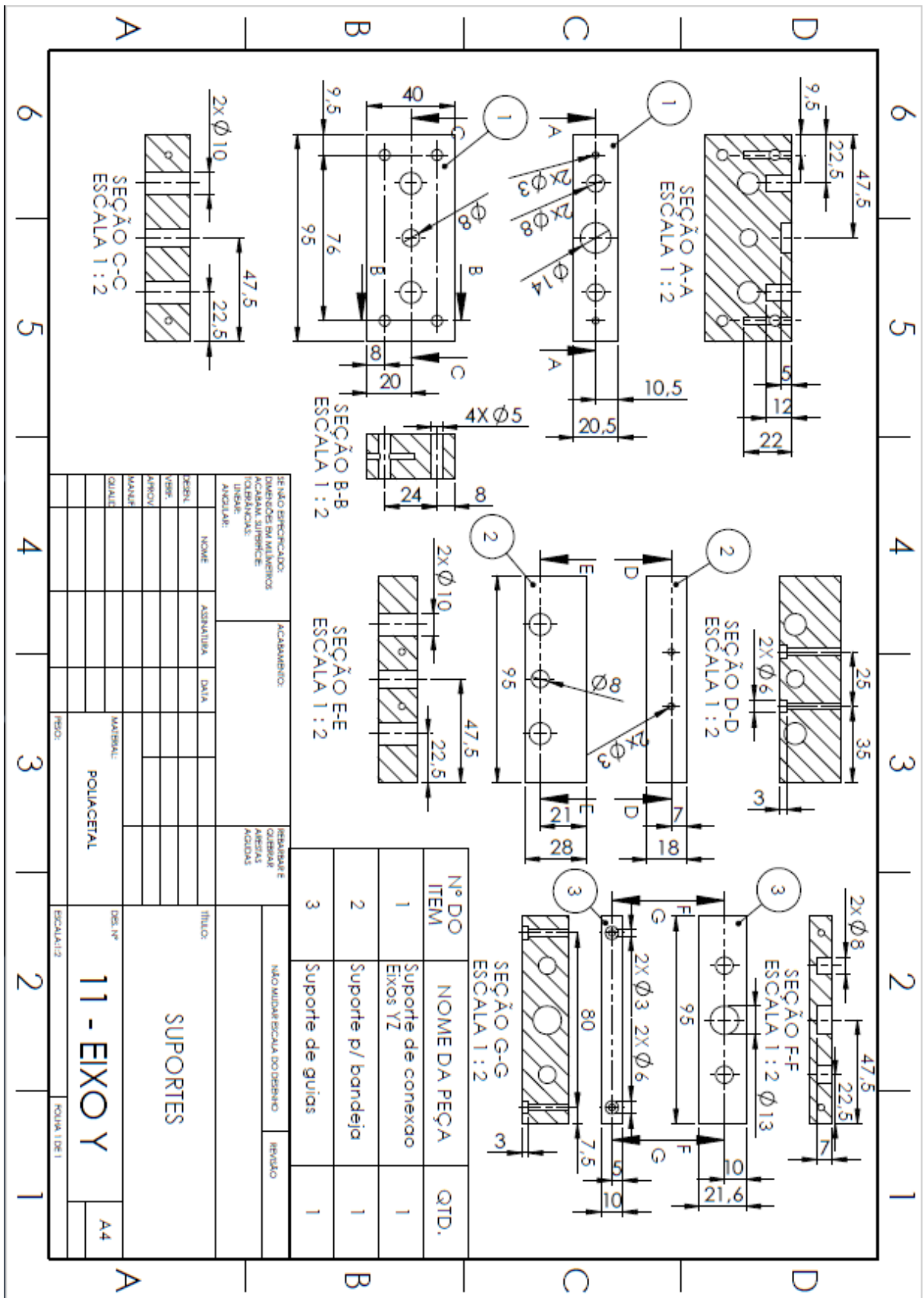
APÊNDICE I - Desenho de fabricação dos suportes de guias



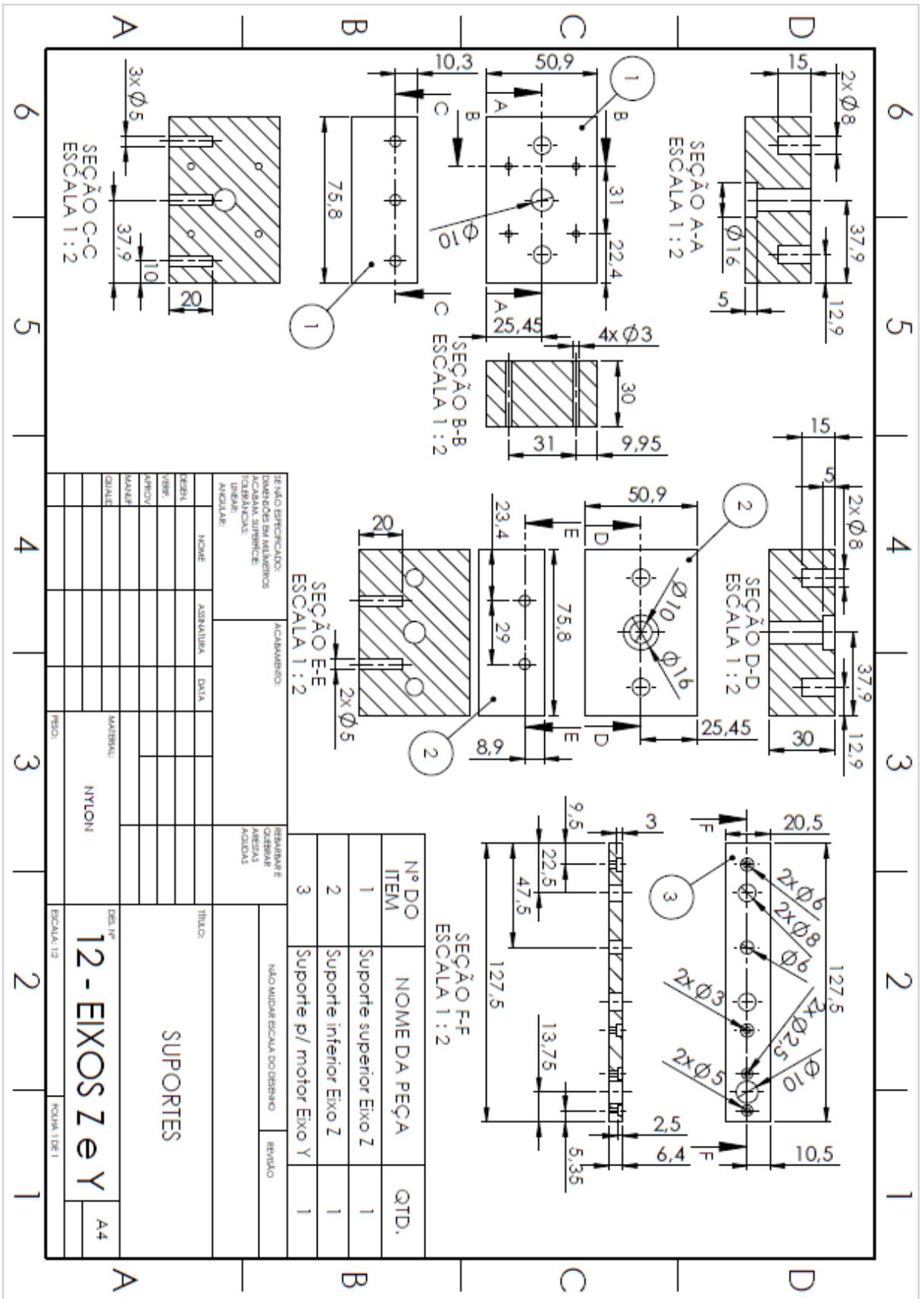
APÊNDICE J - Desenho de fabricação da bandeja e base de sustentação



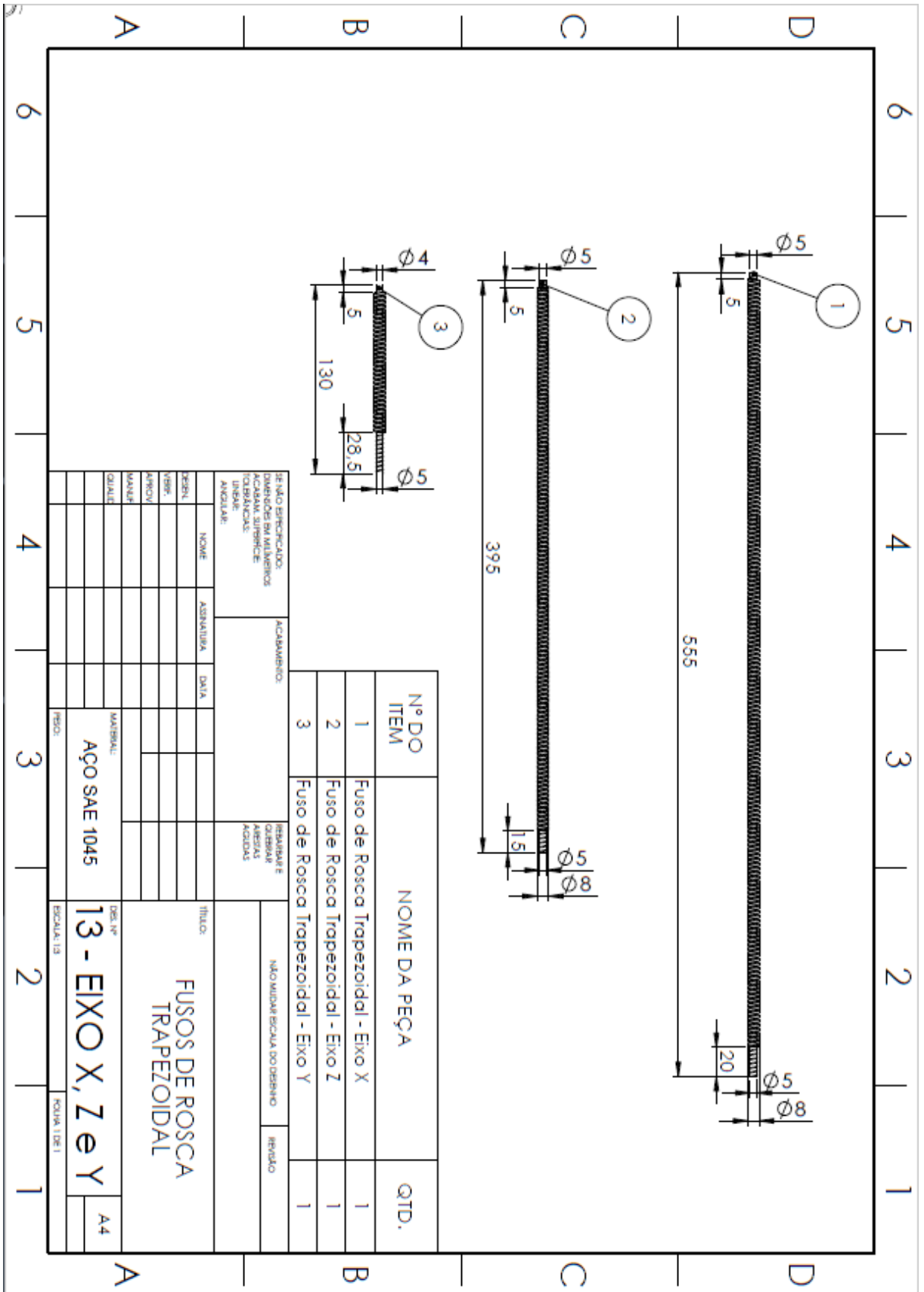
APÊNDICE K - Desenho de fabricação dos suportes de poliacetil



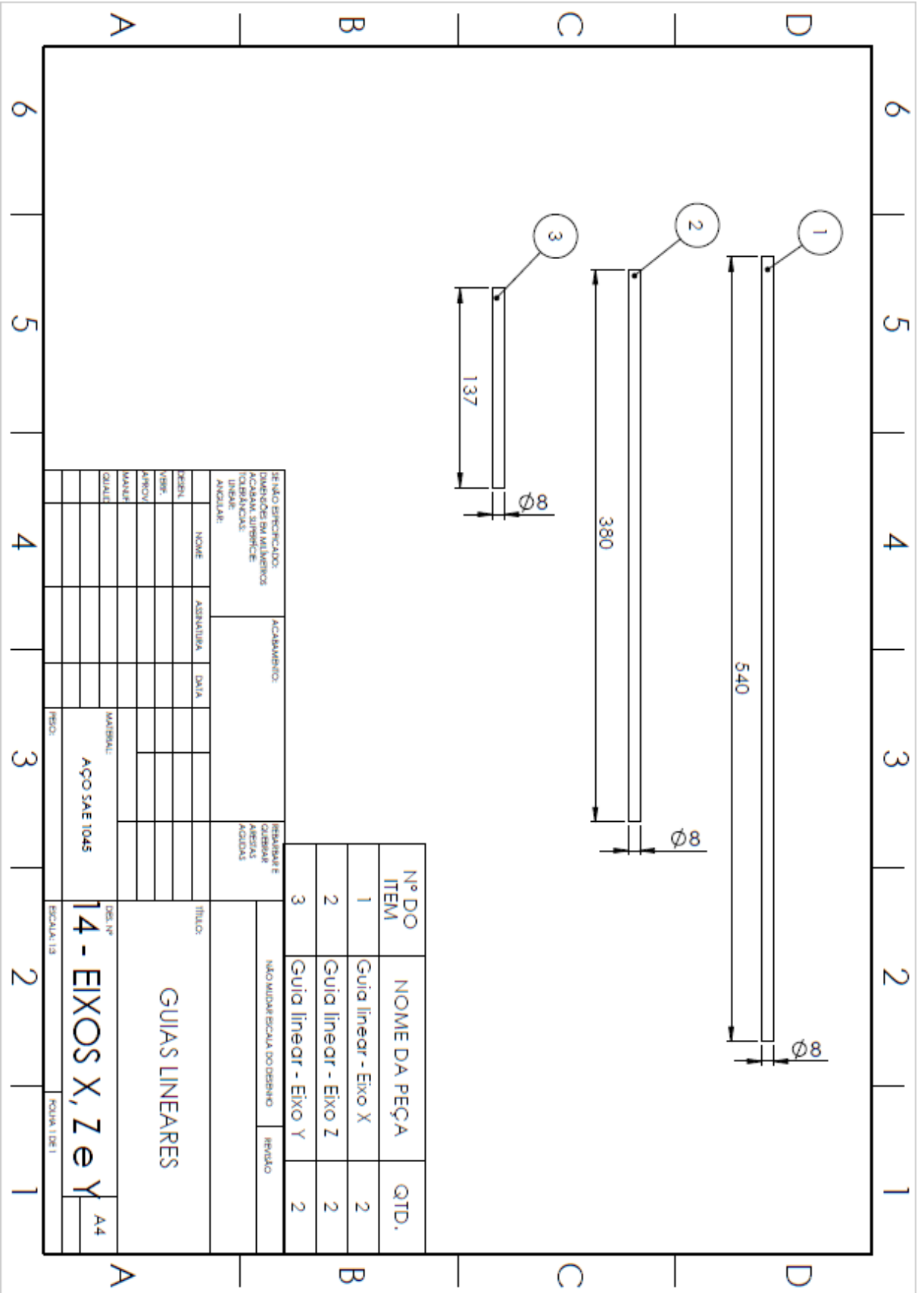
APÊNDICE L - Desenho de fabricação dos suportes de nylon



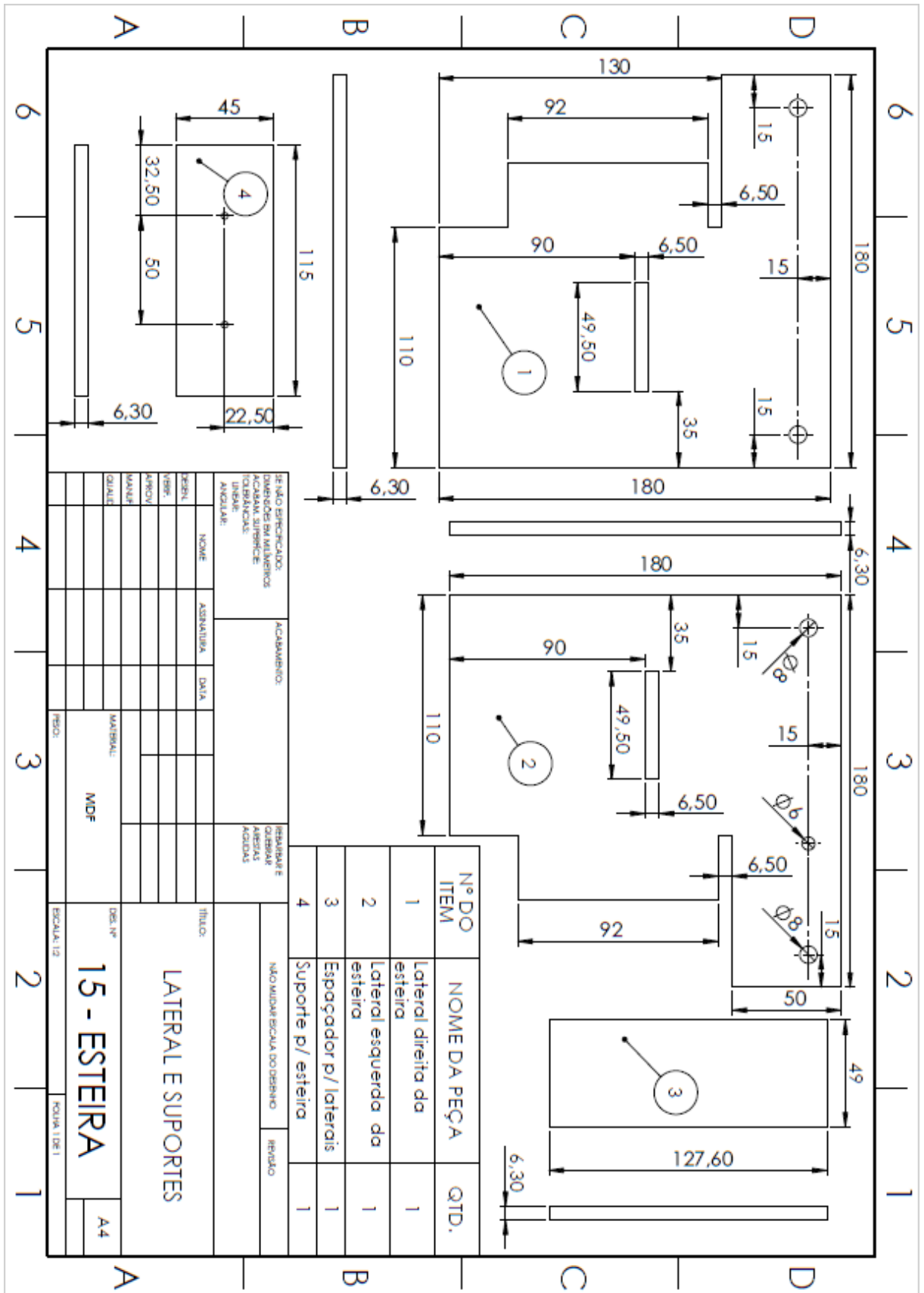
APÊNDICE M - Desenho de fabricação dos fusos de rosca trapezoidal



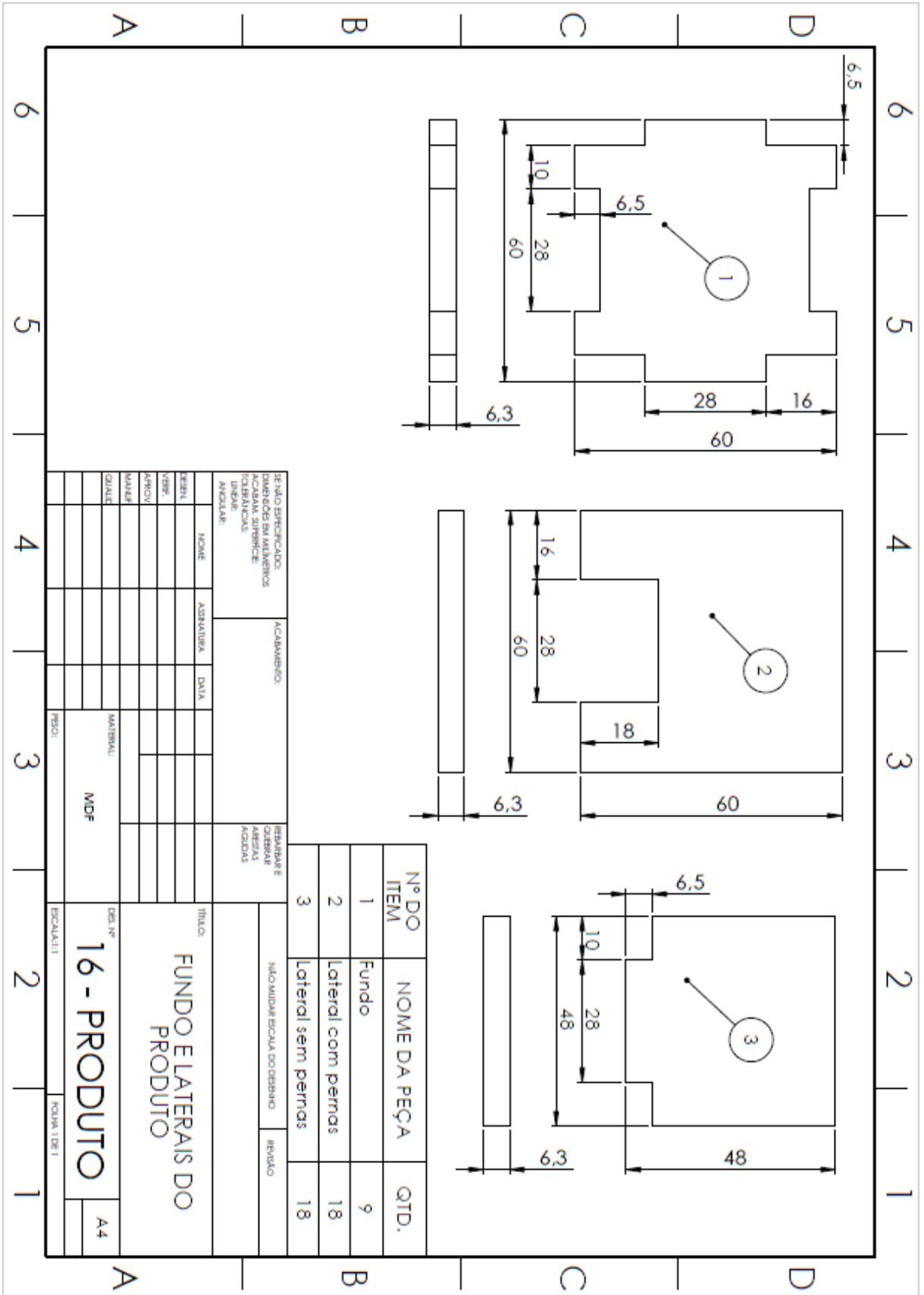
APÊNDICE N - Desenho de fabricação das guias lineares



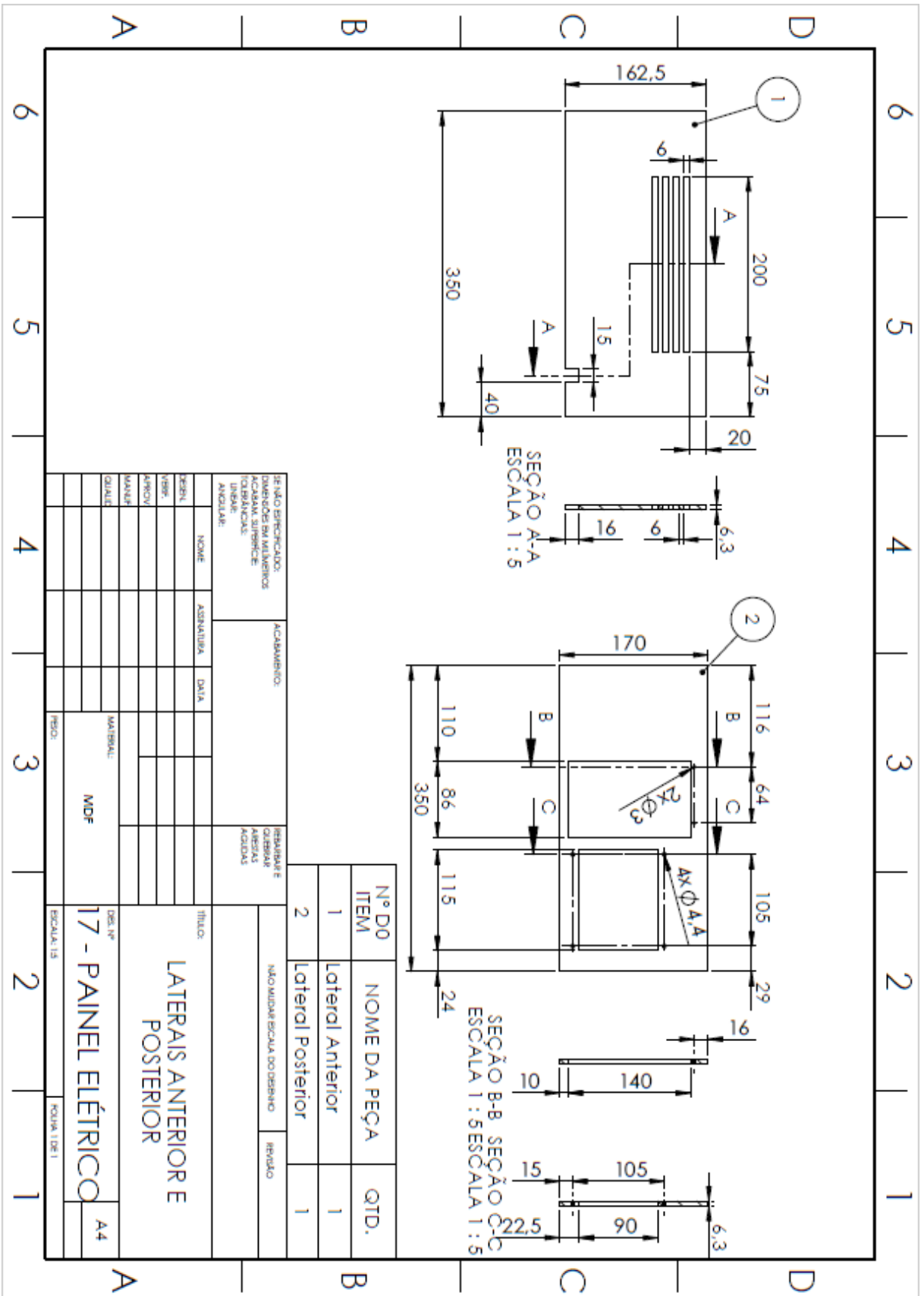
APÊNDICE O - Desenho de fabricação das laterais e suportes da esteira



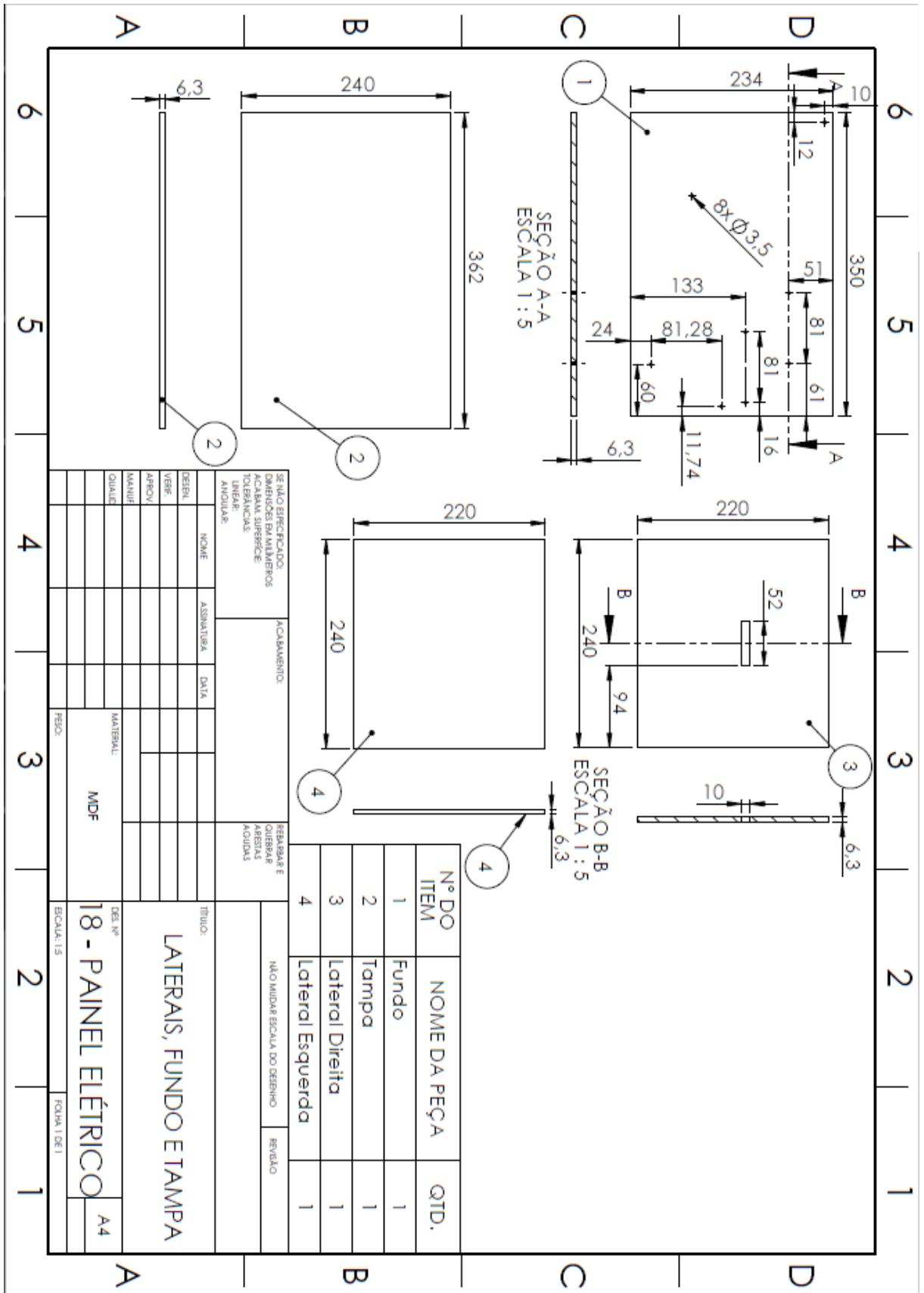
APÊNDICE P - Desenho de fabricação do fundo e laterais do produto



APÊNDICE Q - Desenho de fabricação das laterais anterior e posterior do painel elétrico



APÊNDICE R - Desenho de fabricação das demais laterais, fundo e tampa do painel elétrico



APÊNDICE S – Desenho de montagem do Eixo X

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Topo da estrutura	1
2	Lateral direita da estrutura	1
3	Lateral esquerda da estrutura	1
4	Base da estrutura	1
5	Rolamento radial de esferas - Diâmetro interno: 5mm	2
6	Esquadro	8
7	Guia linear - Eixo X	2
8	Parafusos Allen M3 x 20	4
9	Arruelas M3	4
10	Parafuso espaçador hexagonal - Eixo X	4
11	Acoplamento flexível	1
12	Motor NEMA17 - Eixo X	1
13	Piso comprido da prateleira sem 1 rasgo	1
14	Piso curto da prateleira	1
15	Piso comprido da prateleira	3
16	Coluna comprida da prateleira com furo para motor	1
17	Coluna curta da prateleira	1
18	Coluna comprida da prateleira	4
19	Tampa da prateleira	2
20	Cartoneira 60mm	4
21	Sensor X (push button + cantoneira)	1
22	Fuso de Rosca Trapezoidal - Eixo X	1
23	Sensor ultrassônico	1

PROJETO	REVISÃO	FECHAMENTO

DESCRIÇÃO DO MATERIAL	QUANTIDADE	UNIDADE

PROJETO	REVISÃO	FECHAMENTO

MONTAGEM		
01 - EIXO X		
REVISÃO		
A3		

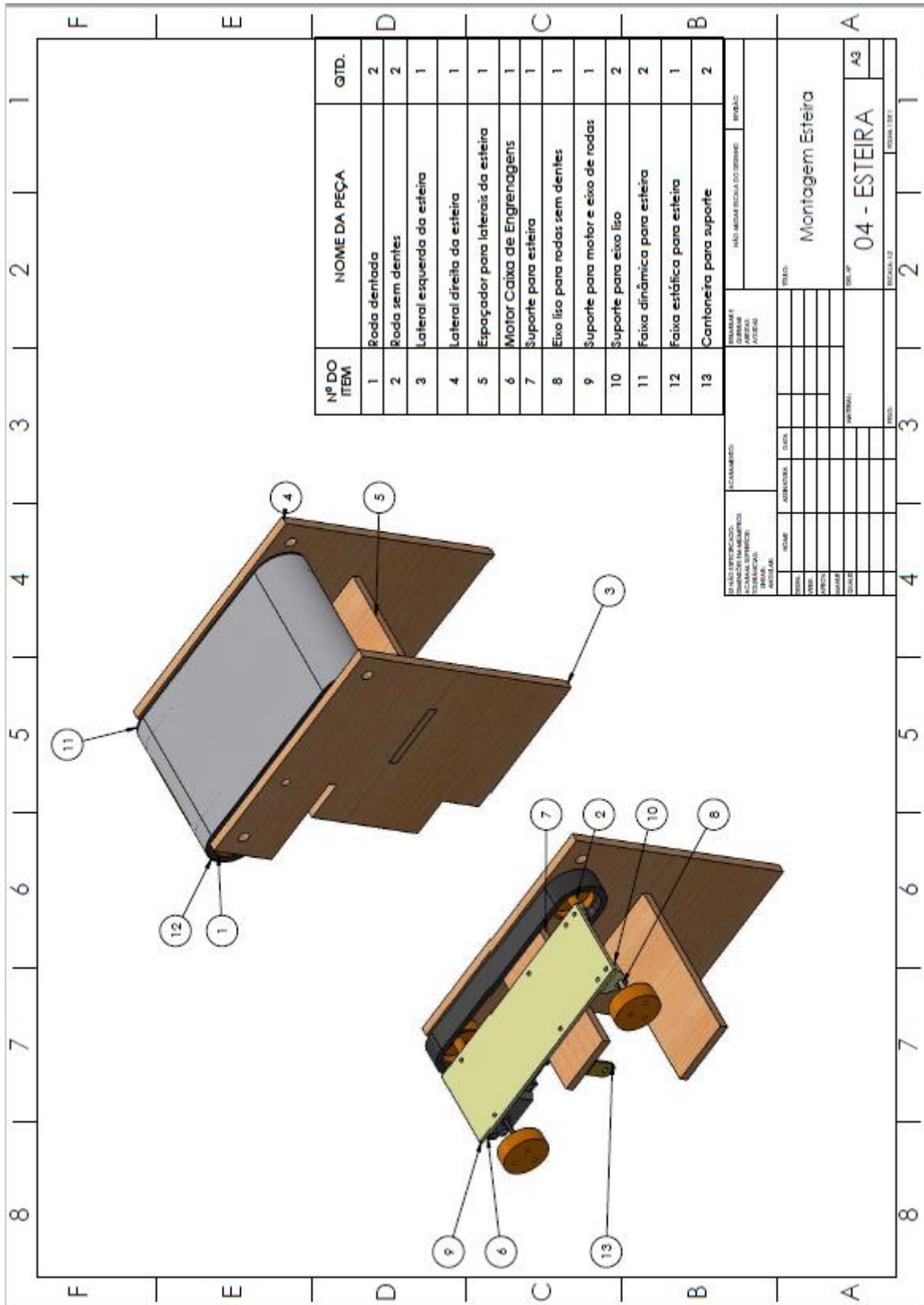
APÊNDICE U – Desenho de montagem do Eixo Y

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Suporte de conexão Eixos YZ	1
2	Bucha flangada com Teflon - Eixo Y	8
3	Rolamento radial de esferas - Diâmetro interno 5mm	1
4	Rolamento radial de esferas - Diâmetro interno 4mm	1
5	Suporte para motor	1
6	Parafuso Allen M3 x 25	2
7	Parafuso Allen M5 x 30	2
8	Parafuso Allen M3 x 30	2
9	Polia dentada	2
10	Parafuso Allen M4 x 4 sem cabeça	4
11	Parafuso Phillips M2.5 x 8	2
12	Correia dentada	1
13	Bandeja	1
14	Parafuso Allen M3 x 35	2
15	Arveia M3	4
16	Porca M3	6
17	Cantoneira-suporte para bandeja	2
18	Suporte para bandeja	1
19	Guia linear - Eixo Y	2
20	Suporte de guias	1
21	Arveia M5	2
22	Porca M5	2
23	Fuso de rosca trapezoidal - Eixo Y	1
24	Motor CC	1
25	Base de sustentação	1
26	Sensor Y (push button + cantoneiras)	1

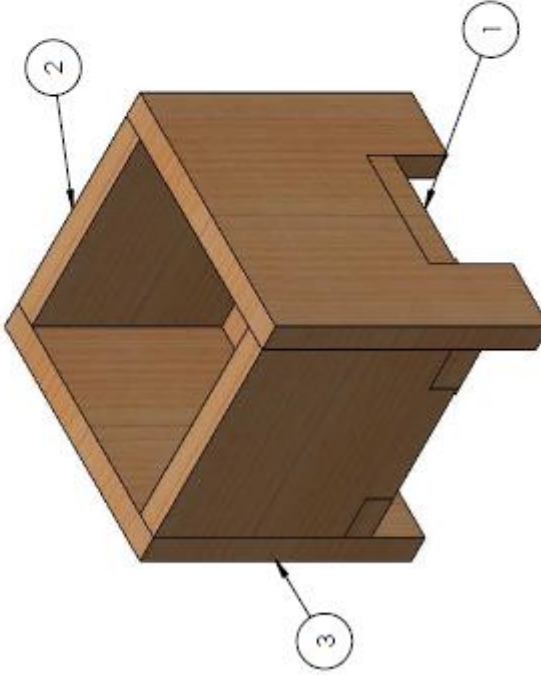
DE NAO ENFERMEIROS		FORMATAÇÃO		MATERIAL		NOME		DATA		FOLHA	
AUTORIA		REVISÃO		CORREÇÃO		TÍTULO		AUTORIA		DATA	
AUTORIA		REVISÃO		CORREÇÃO		TÍTULO		AUTORIA		DATA	

NOME DA PEÇA: Montagem Eixo Y				
NOME DO PROJETO: 03 - EIXO Y				
NOME DO CLIENTE: A3				
NOME DO DESENHADOR: 				
DATA DO DESENHO: 				
ESCALA: 				
FOLHA: 				

APÊNDICE V - Desenho de montagem da esteira



APÊNDICE W – Desenho de montagem do produto



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Fundo	1
2	Lateral sem pernas	2
3	Lateral com pernas	2

SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAMENTO: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO: QUISARAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MEDIR ESCALA DO DESENHO REVISÃO	
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA	TÍTULO: Montagem Produto	
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALIF.					
MATERIAL:		PREÇO:		DEL. Nº 05 - PRODUTO	
				ESCALA: 1:1 FOLHA 1 DE 1	

APÊNDICE X – Desenho de montagem do painel elétrico

The drawing shows an exploded view of an electrical panel. The components are numbered 1 through 16. Callout 1 points to the left side panel, 2 to the right side panel, 3 to the front panel, 5 to the top cover, 6 to the front panel, 8 to the power source, 9 to the Arduino Mega, 10 to the module, 12 to the fan, and 14 to the 3D printer. The drawing is oriented horizontally on the page.

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Lateral Esquerda	1
2	Lateral Direita	1
3	Lateral Anterior	1
4	Lateral Posterior	1
5	Fundo	1
6	Tampa	1
7	Fonte Chaveada 24V	1
8	Fonte Computador 12V	1
9	Arduino MEGA	1
10	Módulo Ponte H L298N	3
11	Módulo Ponte H L293D	1
12	Cooler 120mm x 120mm 12V	1
13	Síndal 8 vias	1
14	Dobradiça	3
15	Cantoneira 30mm	8
16	Cantoneira 20mm	4

SEMI-MONTAGEM	COMPRIMENTO	DIÂMETRO	FORÇA	TIPO DE

TITULO	PROJETO	FECHA

Montagem Painel Elétrico

TITULO	PROJETO	FECHA

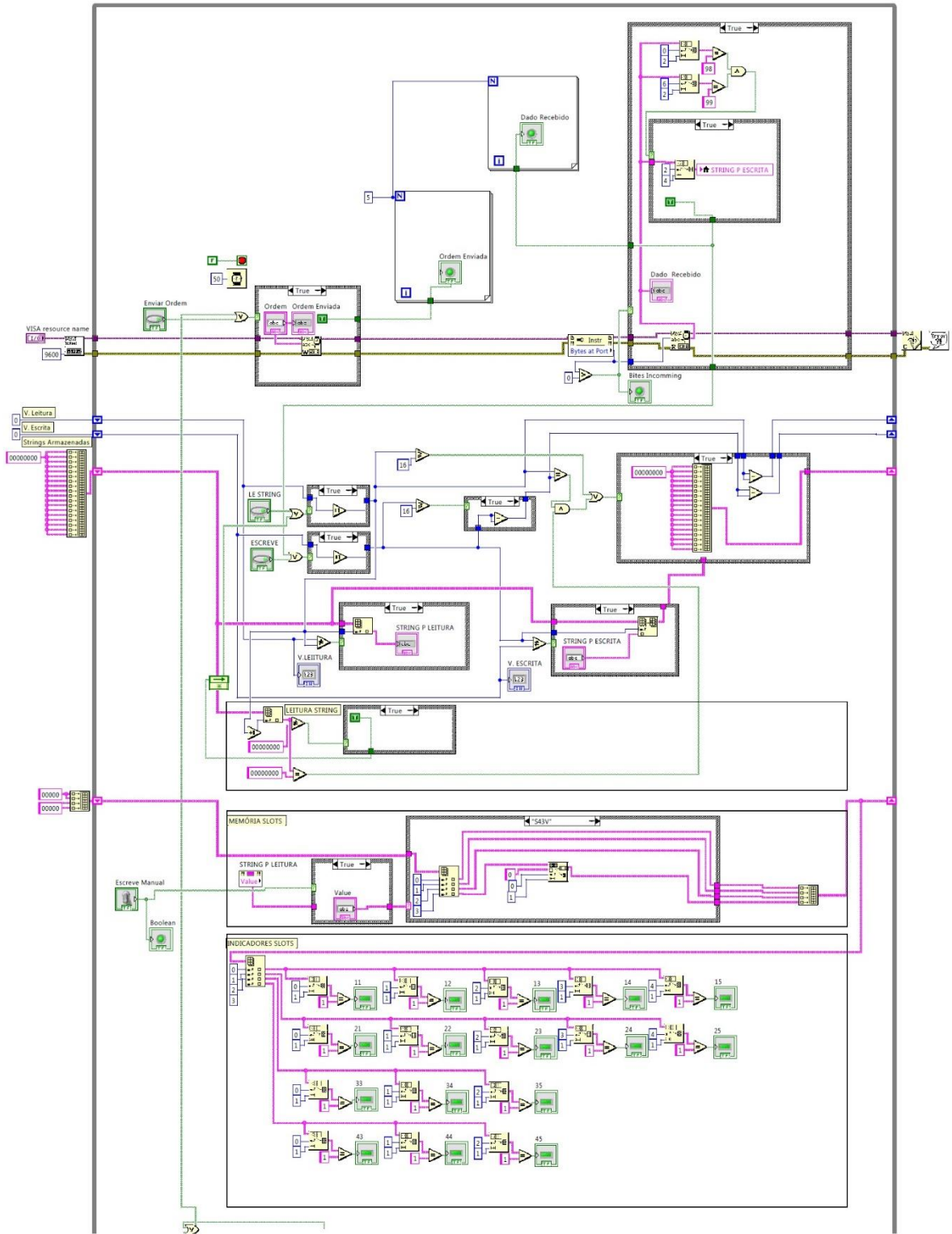
06 - PAINEL ELÉTRICO

FOLHA 01 DE 01

APÊNDICE Y – Tela Inicial do Sistema Supervisório

<p>Recursos para Comunicação</p> <p>VISA resource name <input type="text"/></p> <p>Ordem Enviada <input type="text"/> Dado Recebido <input type="text"/></p> <p> <input type="radio"/> Bytes Incomming <input type="radio"/> Ordem Enviada <input type="radio"/> Dado Recebido </p>	<p>STATUS SLOTS</p> <table border="1"> <tr> <td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td><td>33</td><td>34</td><td>35</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td><td>43</td><td>44</td><td>45</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p>ESTEIRA OCUPADA <input type="checkbox"/> </p>	11	12	13	14	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21	22	23	24	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			33	34	35			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			43	44	45			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p>STATUS ARMAZÉM</p> <p>EM OPERAÇÃO <input type="checkbox"/></p> <p>ARMAZENANDO <input type="checkbox"/></p> <p>RETIRANDO <input type="checkbox"/></p> <p>DISPONÍVEL <input type="checkbox"/></p> <p>SISTEMA CARREGADO <input type="checkbox"/></p>
11	12	13	14	15																																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																						
21	22	23	24	25																																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																						
		33	34	35																																						
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																						
		43	44	45																																						
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																						
<p>Opções de Controle</p> <p>STATUS GERAL <input type="checkbox"/> SELECIONAR SLOT <input type="button" value="SELECIONAR"/> Armazenar <input type="checkbox"/> Retirar <input type="checkbox"/></p>	<p>Menu de Erros</p> <p><input type="text"/> <input type="text"/></p>																																									
<p>Opções para DEBUG e Testes</p> <p>ESCREVE <input type="checkbox"/> V. ESCRITA <input type="text" value="0"/> STRING P ESCRITA <input type="text"/> Enviar Ordem <input type="checkbox"/></p> <p>LE STRING <input type="checkbox"/> V. LEITURA <input type="text" value="0"/> STRING P LEITURA <input type="text"/> Ordem <input type="text"/></p> <p>Escreve Manual <input type="checkbox"/> Value <input type="text"/> Boolean <input type="checkbox"/></p>																																										

APÊNDICE Z – Programação em Blocos do Sistema Supervisório – Parte 1



APÊNDICE AA – Programação em Blocos do Sistema Supervisório – Parte 2

