

Etec Paulino Botelho

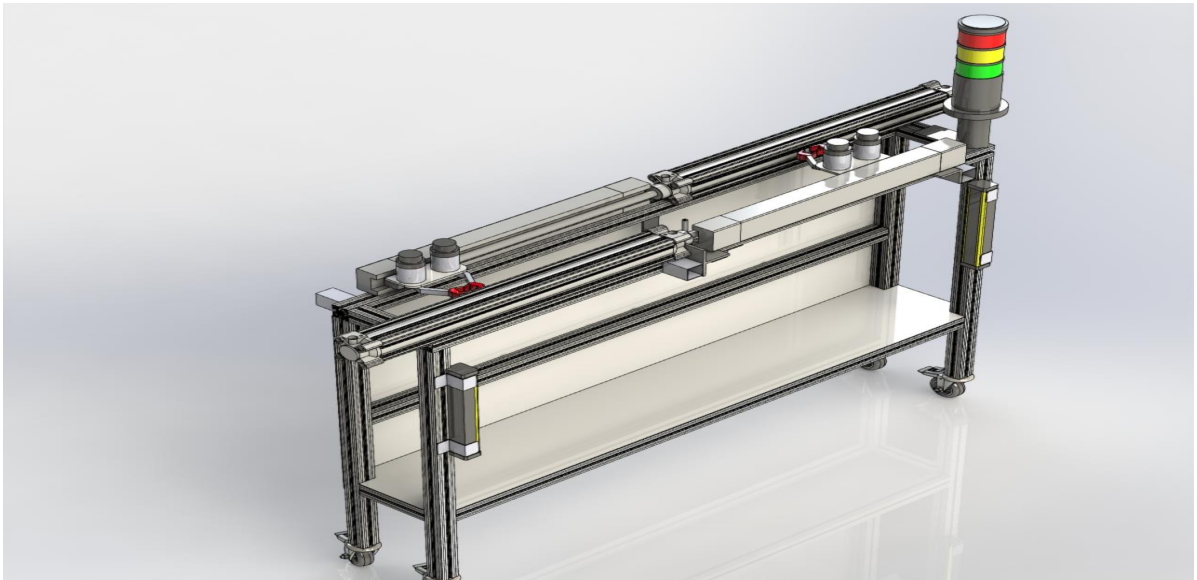
Habilitação Profissional Técnico em Mecatrônica

André Luis da Fonseca

Daniel Zangotti

Gustavo Matheus Genari

José Ronaldo Esteves Torres



**LINHA DE PRODUÇÃO
AUTOMATIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Paulino Botelho – São Carlos-SP, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

Orientador: Prof. Cláudio Torres Gonçalves

São Carlos- SP

2022

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a fabricação de uma linha de produção automatizada. Sendo assim, o projeto visa a montagem de um protótipo de linha de produção de processo mecânico, para uma linha de maneira que não utilize o recurso humano, ou seja; apenas operações automatizadas. Abordando as principais áreas da mecatrônica, esses conceitos relacionados à robótica inteligente envolvem a teoria e a prática com o uso de dispositivos mecânicos, pneumáticos e eletrônicos do tipo sensores e válvulas, em conjunto com a parte programável feita com CLP (Controlador Lógico Programável). A linha conta com estruturas metálicas para dar sustentação à linha de produção, além de cilindros pneumáticos que fazem os movimentos necessários para operações, braços mecânicos com acionamento pneumático que carregam as peças produzidas, e também um painel de válvulas eletropneumáticas. A partir dessa sequência de operações, será possível transportar e usinar peças padrão utilizando como matéria-prima o nylon. Este processo garante alta produtividade e diminui a probabilidade de acontecer erros de fabricação, pois todo o processo é feito automaticamente, desde a coleta do material no “magazine”, a marcação na peça e, por fim, a dispensa da peça em um recipiente.

Palavras-chave: Mecatrônica, CLP, Automatizada, Pneumáticos, Robótica.

ABSTRACT

The present work aims to manufacture an automated production line. Therefore, the project aims to assemble a prototype of a mechanical process production line, for a line in a way that does not use human resources, that is; only automated operations. Addressing the main areas of mechatronics, these concepts related to intelligent robotics involve theory and practice with the use of mechanical, pneumatic and electronic devices such as sensors and valves, together with the programmable part made with PLC (Programmable Logic Controller). The line has metallic structures to support the production line, in addition to pneumatic cylinders that make the necessary movements for operations, mechanical arms with pneumatic actuation that carry the produced parts, and also a panel of electro-pneumatic valves. From this sequence of operations, it will be possible to transport and machine standard parts using nylon as raw material. This process guarantees high productivity and reduces the probability of manufacturing errors, as the entire process is done automatically, from collecting the material in the "magazine", marking the part and, finally, dispensing the part in a container.

Keywords: Mechatronics, PLC, Automated, Pneumatics, Robotics.

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Linha Automatizada Completa | 15 |
| Figura 2 – Atuador pneumático | 16 |
| Figura 3 – Valvula Pneumática | 17 |
| Figura 4 – Perfil de Alumínio 40x40 | 18 |
| Figura 5 – Parafuso Alumínio tipo “T”..... | 18 |
| Figura 6 – Atuador Pneumático | 19 |
| Figura 7 – Válvula Pneumática 5/2 | 19 |
| Figura 8 –Braço Mecânico | 20 |
| Figura 9 –Acionamentos Pneumáticos dos Braços Mecânicos | 20 |
| Figura 10 – Estrutura Mecânica da Linha..... | 21 |
| Figura 11 – Unidade de ar comprimido | 21 |
| Figura 12 – Magazine | 21 |
| Figura 13 – CLP SIMENS | 22 |
| Figura 14 – Módulo 6es7 | 22 |
| Figura 15 – Fonte de Alimentação 220VCA/24VCC | 23 |
| Figura 16 – Relé Emergência | 23 |
| Figura 17 – Relé WAGO | 24 |
| Figura 18 – Torre Metaltex | 24 |
| Figura 19 – Desenho Esquema Pneumático | 26 |
| Figura 20 – Desenho Esquema Elétrico 1.1 | 27 |
| Figura 21 – Desenho Esquema Elétrico 1.2 | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CLP | Controlador Lógico Programável |
| IHM | Interface Homem Máquina |
| CC | Corrente Contínua |
| CA | Corrente Alternada |
| PSI | Libras por Polegada Quadrada |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 DESENVOLVIMENTO GERAL | 8 |
| 2.1 DESENVOLVIMENTO GERAL – Aplicação do CLP | 9 |
| 2.2 DESENVOLVIMENTO GERAL – Sensores Elétricos..... | 10 |
| 2.3 DESENVOLVIMENTO GERAL – Controladores de Temperatura | 10 |
| 2.4 DESENVOLVIMENTO GERAL – Atuadores Pneumáticos | 11 |
| 2.5 DESENVOLVIMENTO GERAL – Válvulas Eletropneumáticas | 12 |
| 2.6 DESENVOLVIMENTO GERAL – Linguagem de programação LADDER | 13 |
| 2.7 DESENVOLVIMENTO GERAL – Lógica de Funcionamento | 13 |
| 2.8 DESENVOLVIMENTO GERAL – Estrutura | 14 |
| 2.9 DESENVOLVIMENTO GERAL – Mecânica e Pneumática | 15 |
| 3 DESENVOLVIMENTO GERAL - Robotização | 18 |
| 4 ESQUEMA PNEUMÁTICO 1.1 | 25 |
| 4.1 ESQUEMA PNEUMÁTICO 1.2 | 25 |
| 4.2 ESQUEMA DESENHO ELÉTRICO 1.1 | 26 |
| 4.3 ESQUEMA DESENHO PNEUMÁTICO 1.2..... | 27 |
| 4.4 TABELA DE CUSTOS | 28 |
| 5 DESENHOS | 29 |
| 6 CONCLUSÃO | 31 |
| 7 REFERÊNCIAS | 32 |

INTRODUÇÃO

A linha automatizada surgiu a partir de uma necessidade de identificar peças produzidas dentro de uma indústria. Sendo assim, foi desenvolvido um projeto de modo com que os produtos tenham uma marca de aprovação após análise do setor de qualidade da empresa.

A máquina desenvolvida é abastecida manualmente e realiza o processo de marcação totalmente robotizado, sem a necessidade da “mão humana” na operação, garantindo a segurança, qualidade, velocidade e reduzindo desperdício de matéria prima. Isso possibilita nosso cliente economizar em diversos fatores, como: mão de obra, tempo, indenizações por acidentes de trabalho e peças reprovadas pela operação,

Com a automatização de uma linha de produção, para garantir a eficiência do processo e a segurança do mesmo, se faz necessário eliminar riscos de acidentes de trabalho em questão da segurança de máquinas e equipamentos seguindo a norma NR12 , além de manter qualidade padrão ISO 9001 e ISO 14001 .

No ano de 2020 foi solicitado por uma empresa um projeto em que peças fossem marcadas com selo de aprovação. Deveria ser produzido uma máquina robotizada que recebesse peças certificadas pelo setor de qualidade, fizesse uma marcação de aprovado e dispensava o material em caixas, para serem transportadas para próxima linha de produção.

A automação industrial trás diversas vantagens tais como: diminuição do tempo de produção, menos erros humanos, menos custos com mão de obra, mais segurança no chão de fábrica, maior volume de produção, flexibilidade da linha de produção, maior qualidade de processo e produto, manufatura operando 24 horas por dia, possibilidade de medir e controlar processos, mais precisão e repetibilidade.

Foi discutido e planejado como poderia atender a necessidade do cliente, fazendo desenhos, simulações e projeções de idéias. Depois de esboçado o desenho foi selecionado o nível de automação que atenderia a empresa e fizesse com que fosse o mais econômico possível.

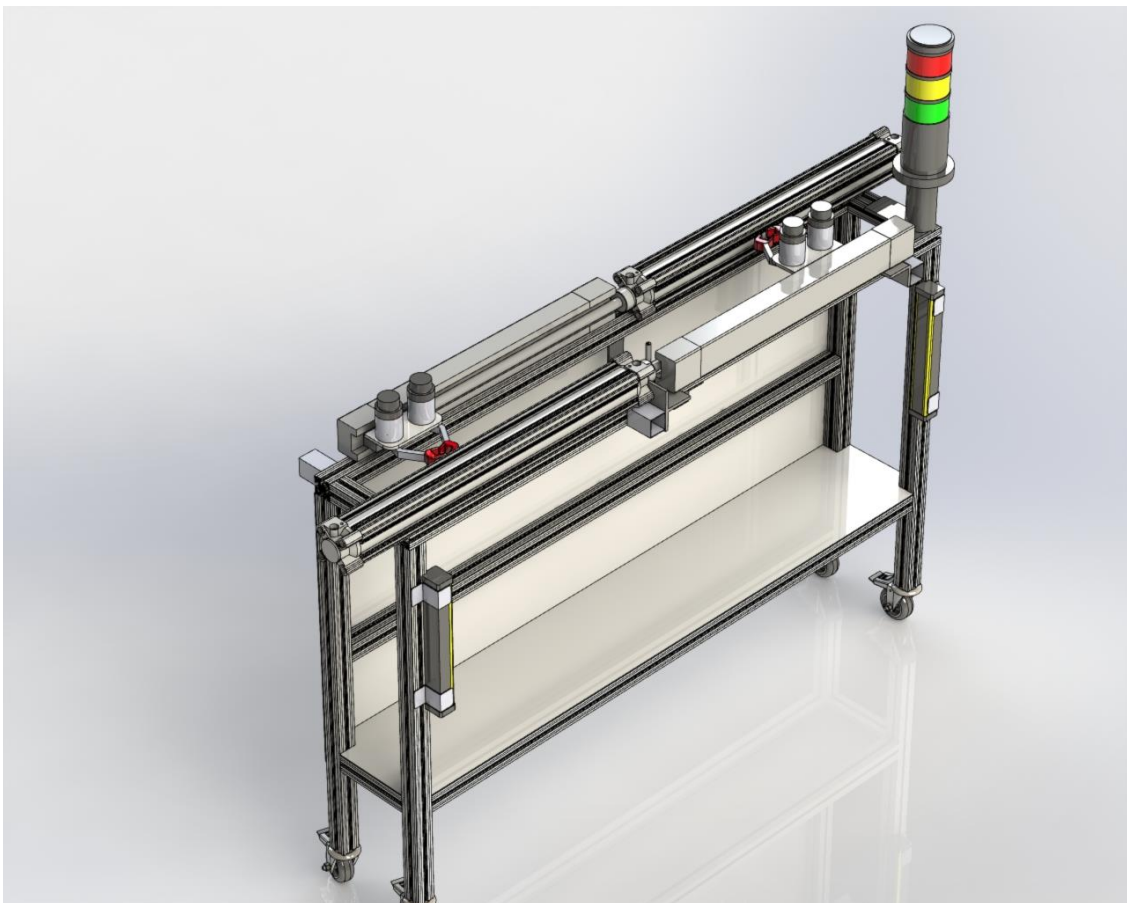


Foto 1. Linha Automatizada Completa

A Linha de produção automatizada é controlada por um CLP, esse por sua vez é um dispositivo capaz de receber sinais elétricos, processa-los e enviar novas respostas em forma de novos sinais elétricos. Todos os movimentos da linha é controlado pelo CLP, a programação pode ser alterada através de um computador conectado a rede industrial ou ligando-o com um cabo especial. O programador deve usar um Software específico da marca do CLP para conseguir programar os movimentos desejados, através de um tipo de programação chamada LADDER.

Controlador Lógico Programável (CLP):

O **CLP** ou controlador lógico programável é um tipo especial de computador muito utilizado na indústria e em controles de máquinas e processos em diferentes aplicações. Tem uma estrutura parecida com a de um computador comum: contém um processador ou CPU (Central Processing Unit), memória para leitura e gravação (memória RAM), memória de leitura (ROM) e portas de comunicação (COMs). A principal diferença é que o Controlador Lógico Programável suporta sujeira e poeira, altas temperaturas, ruídos e vibração já que ele é projetado para atuar em diversos ambientes de uma indústria. Este equipamento é bastante flexível e possibilita interface com outros dispositivos da fábrica. O CLP é semelhante a um computador normal, portanto, vamos entender por que dá-se essa definição. Abaixo veja os componentes deste equipamento:

Memória: área onde ficam armazenadas todas as informações necessárias para que as atividades sejam desempenhadas.

Cartão de entrada: o cartão recebe um sinal elétrico do ambiente externo e envia para dentro do CLP.

Processador: esse elemento é um chip, que irá, como o nome já diz, realizar o processamento do programa.

Cartão de saída: o cartão envia um sinal elétrico para o ambiente externo com a finalidade de acionar algum equipamento.

Barramento: o barramento é a placa responsável por fazer a comunicação entre os componentes descritos acima.

Fonte de energia: tem a mesma finalidade das fontes de energia que você vê por aí. É ela que transfere energia, alimentando o equipamento. Todos esses elementos funcionam em conjunto, como se fossem um time de futebol, em que cada jogador tem seu papel para que o objetivo final seja concluído.

A linha consta com diversos sensores elétricos. Os sensores são dispositivos capazes de detectar presença de Ferro, nessa aplicação foi usado sensores magnéticos. Eles são usados para detectar cada movimento da linha. Quando detectam presença de ferro (As hastes dos atuadores pneumáticos), os sensores enviam sinais ou pulsos elétricos, que são recebidos pelo CLP.

Sensores elétricos

O sensor basicamente é um dispositivo que tem a função de detectar e responder com eficiência algum estímulo. Existem vários tipos de sensores que respondem à estímulos diferentes como por exemplo: calor, pressão, movimento, luz e outros. Depois que o sensor recebe o estímulo, a sua função é emitir um sinal que seja capaz de ser convertido e interpretado pelos outros dispositivos.

Aplicação do Controlador de Temperatura digital

A linha automatizada tem uma estrutura responsável por fazer marcações de aprovação em peças processadas. Isso é feito através de uma matriz de estampa a quente. A matriz obtém calor de uma resistência elétrica instalada dentro da matriz. Essa resistência precisa ser controlada para manter a temperatura da matriz em 220°C. Pra isso foi necessário utilizar um Controlador de Temperatura, o qual pode ser parametrizado com um valor desejado, e o mesmo possui um sensor de temperatura (termopar) que é instalado dentro da matriz. O controlador monitora o valor de temperatura medido e liga/desliga a resistência conforme a necessidade de aquecer ou resfriar.

Controladores de temperatura digital

Aplicado para calor, utiliza como sensor um termopar tipo J* para faixa de medição de -50° a 600°C. Possui duas saídas de controle para temperatura. A primeira saída utiliza um modo de pré-aquecimento cíclico e a segunda saída pode ser configurada para funcionar como alarme, temporizador (timer cíclico) ou indicação de fim de processo. Opera em diferentes modos, acionado por entradas digitais. Também conta com cinco receitas configuráveis, possibilitando alterar, de forma rápida, os valores do “setpoint” (temperatura desejada) e histerese (diferencial de controle) do primeiro estágio. Este produto possui certificações CE e UL.

Aplicação dos Atuadores Pneumáticos

Todos os movimentos da Linha são realizados pelos Atuadores Pneumáticos. Eles são pistões controlados por ar comprimido. Possuem duas câmaras de ar, quando o ar pressuriza uma das câmaras, um êmbolo é acionado e gera um movimento de avanço (Efeito “Seringa”). Preso ao

êmbolo possui a haste do Atuador. Nas pontas das hastes é presa diversas peças da máquina, as quais queremos movimentar. Para fazer o movimento reverso, é necessário despressurizar a primeira câmara e pressurizar a outra.

Atuadores pneumáticos

O cilindro pneumático consiste em um pistão e uma haste que se movem dentro de uma câmara fechada. Mesmo assim, existe uma grande variedade de técnicas e materiais de construção para atender a uma ampla gama de aplicativos e preferências do usuário. Os materiais do corpo podem ser alumínio, aço, aço inoxidável e até mesmo certos polímeros. A construção pode ser não reparável ou reparável. Este estilo de atuador pode ser subdividido em certos tipos com base no princípio de operação: ação simples e dupla ação e de Haste passante.

Principais características construtivas

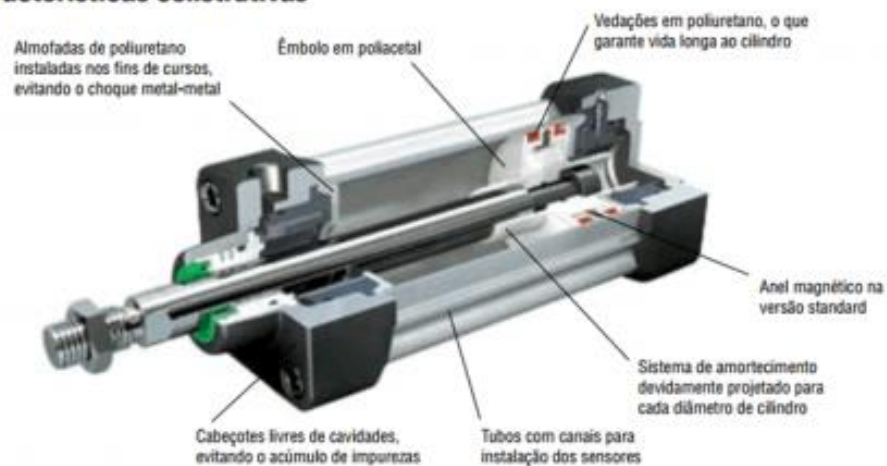


Figura 2. Atuador pneumático. (Responsável pelos movimentos da máquina).

As válvulas eletropneumáticas são dispositivos acionados por sinais elétricos onde atuam um êmbolo com efeito magnético e o êmbolo é responsável por comutar a direção do ar na válvula. As válvulas usadas no projetos são do tipo 5/2, isso significa que possui 5 vias de ar e 2 posições. As três vias são: 1-Escape Esquerdo, 2- Entrada de Ar comprimido, 3- Escape Direito, 4- Saída de Ar esquerda e 5- Saída de Ar direita. Resumidamente quando um lado do êmbolo é acionado o ar sai pela saída 4, e quando o êmbolo é acionado pela direita, o ar sai pela saída 5. O retorno desses movimentos liberam ar pelos escapes 1 e 3.

Válvulas eletropneumáticas

A válvula pneumática é um componente de um sistema de automação industrial pneumático. Esses componentes de circuitos são utilizados para manipular e controlar o fluxo de ar comprimido. Portanto, as válvulas pneumáticas podem ajudar no direcionamento dos fluxos de ar, monitorar a pressão nos ambientes e controlar a vazão do ar. Em outras palavras, as válvulas pneumáticas controlam a pressão e a direção do ar comprimido, comandando os seus caminhos. Dessa maneira, as válvulas pneumáticas são ótimas soluções quando o assunto é automação industrial.

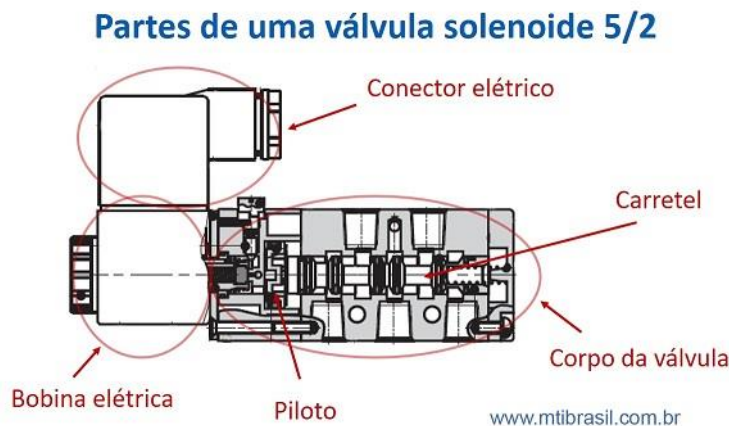


Figura 3. Válvula Pneumática Acionamento simples Solenoide

A linguagem de programação Ladder é a mais comum e usada na programação de CLP e IHM. Como no projeto há um CLP, foi necessário criar um programa LADDER para que o controlador pudesse fazer as atividades necessárias. O CLP recebe sinais elétricos, processa e envia novos sinais elétricos. Os sensores, botões e relés enviam sinais elétricos ao CLP e esse por sua vez reconhece e processa. Dentro da linguagem LADDER possui diagramas elétricos, os quais possuem uma lógica de funcionamento da Linha Automatizada. Quando processadas as informações recebidas, o CLP aciona suas saídas de sinais elétricos e acionam as partes físicas da máquina, ou seja, novos relés, botões ou mesmo relés.

Linguagem de Programação Ladder

Foi elaborado um programa em linguagem de programação denominada: “ladder” que controla toda a máquina, recebendo informações dos sensores e enviando sinais aos relés auxiliares, além de ser monitorado via IHM.

Lógica de funcionamento da máquina

A forma de funcionamento da linha é feita da seguinte forma:

Início

- ⇒ Operador abastece o magazine da linha
- ⇒ 1° Processo (Garra 1 fecha e pega a peça no magazine de reposição automática);
- ⇒ 2° Processo (Cilindro 1 horizontal recua até o local de marcação);
- ⇒ 3° Processo (Cilindro vertical marca a peça com selo de aprovação);
- ⇒ 4° Processo (Garra 2 fecha e pega a peça);
- ⇒ 5° Processo (Garra 1 solta a peça);
- ⇒ 6° Processo (Cilindro 2 avança até onde é localizado a caixa de armazenamento);
- ⇒ 7° Processo (Garra 2 abre e solta a peça na caixa);
- ⇒ 8° Processo (cilindro 1 horizontal avança);
- ⇒ 9° Processo (cilindro 2 recua);
- ⇒ Final.

A estrutura do projeto foi confeccionada usando perfil de alumínio 40x40, opção de material leve e resistente e ideal para montagens de estruturas de médio e grande porte. Além de permitir conexões de placas, cantoneiras e conector rápido. Para fixar os perfils, será usado parafusos de alumínio tipo "T".

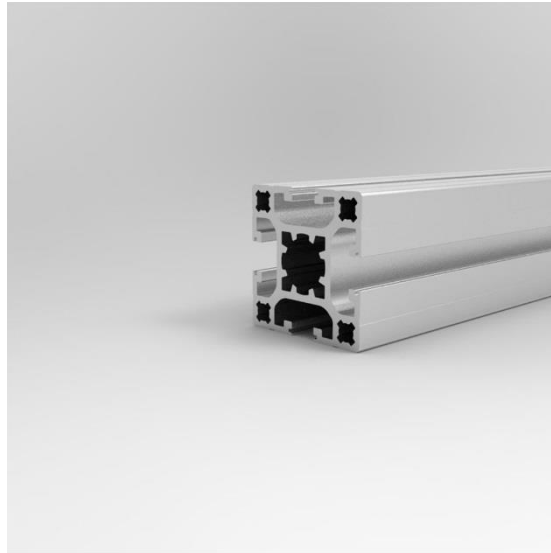


Figura 4. Perfil de Alumínio 40x40(Estrutura mecânica da Linha).



Figura 5. Parafuso Alumínio tipo "T".

A linha funciona com dispositivos mecânicos como cilindros pneumáticos, válvulas pneumáticas e estruturas metálicas. Os cilindros são responsáveis pelos movimentos mecânicos da automação, controlados pelas válvulas pneumáticas e essas são acionadas com pulsos elétricos.



Figura 6. Atuador Pneumático



Figura 7. Válvula Pneumática 5/2

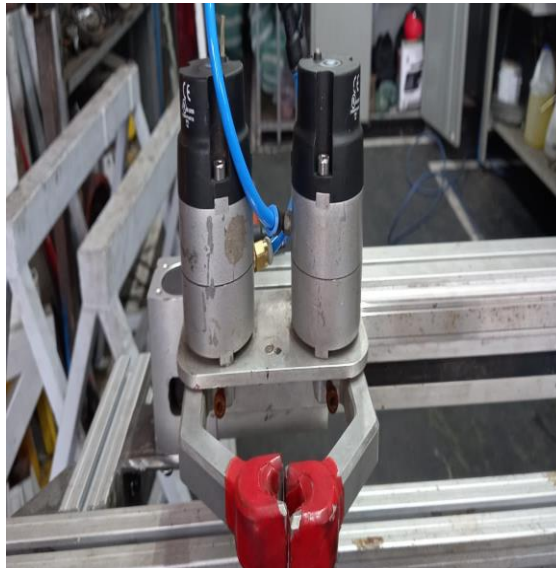


Figura 8. Braço Mecânico.



Figura 9. Acionamentos Pneumáticos dos Braços Mecânicos.



Figura 10. Estrutura Mecânica da Linha



Figura 11. Unidade de ar comprimido.

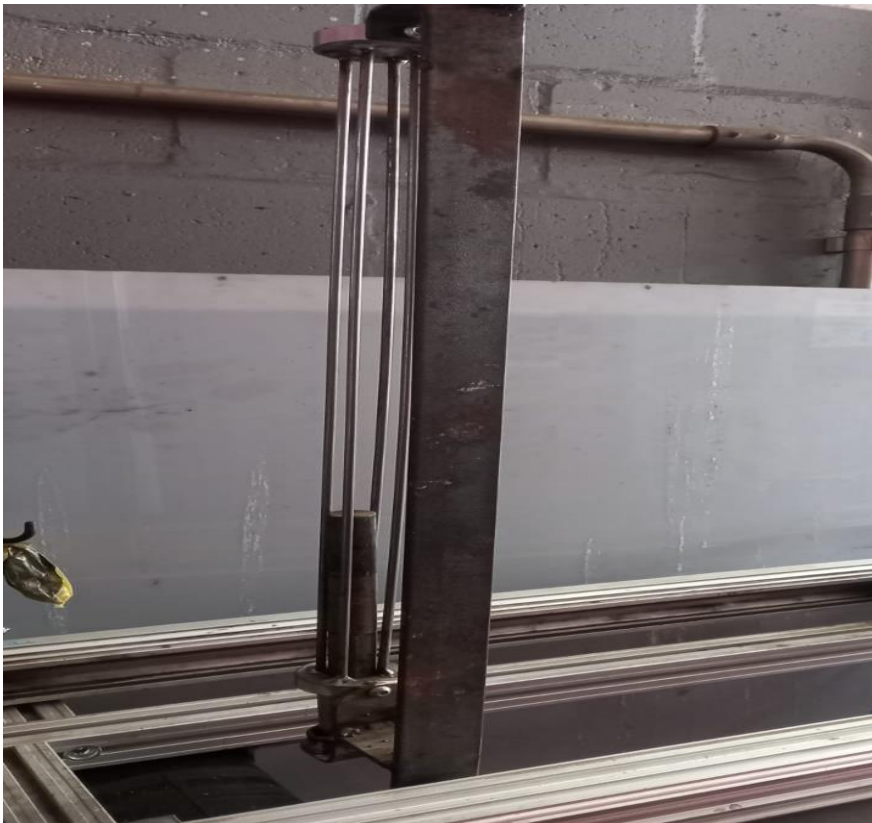


Figura 12. Magazine(reponsável por abastecer a Linha).

Robotização

A melhor forma escolhida para automação foi a utilização de um Controlador Lógico Programável (CLP). No caso o modelo Simens Simatic S7-1200 e um módulo de expansão 6es7 223-1b132.

O CLP é um equipamento fundamental na automação, com ele é possível fazer todo o controle da linha, além de garantir confiabilidade, padroniza um sistema de programação (No caso Ladder), e ainda consegue fazer o várias leituras e atuações ao mesmo tempo. Já em alguns microcontroladores isso já não é possível por existirem algumas barreiras que dificultam executar várias tarefas ao mesmo tempo.



Figura 13. CLP SIMENS S7-1200.



Figura 14. MÓDULO 6es7 223 1b132.

A norma NR12 foi implantada no protótipo a fim de eliminar riscos de acidentes de trabalho, com dispositivos de barreira ótica, botão de emergência, relés de segurança, chave geral com trava e tensão de comando em 24VCC. Já a ISO 9001 foi inserida para manter a qualidade do produto, dentro das normas técnicas. Sendo assim, a norma 14001 garante que, quanto menos peças sucateadas por falhas de processos manuais, menor são os custos financeiros, maior a qualidade e menor a poluição no meio ambiente com a redução de descartes indesejáveis.



Figura 15. Fonte -Phoenix Contact - 100-240CA/24CC/10A.



Figura 16. Relé Emergência CP-D instrutec 24VCC

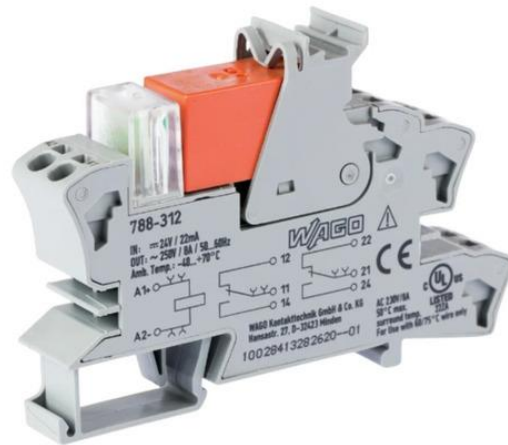


Figura 17. Rele WAGO 788-312.



Figura 18. Torre Metaltex



Figura 19. Botão de Emergência SCHMERSAL

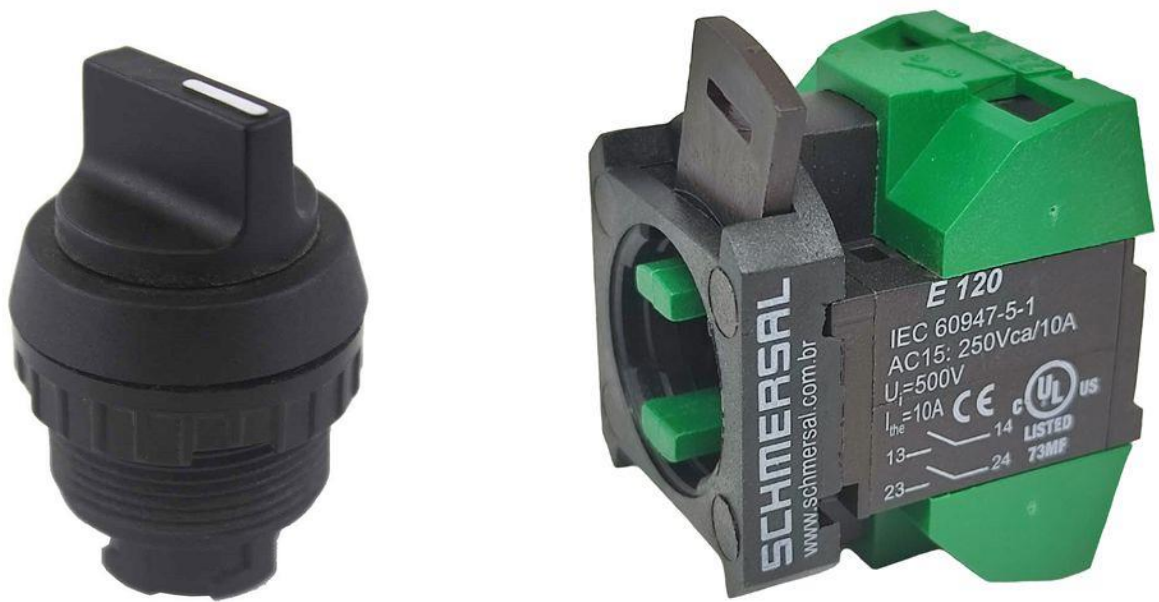


Figura 20. Chave Comutadora + Contatos NA SCHMERSAL



Figura 21. Contator EATON 24VCC



Figura 22. Relé auxiliar Finder 24V duplo.



Figura 23. Relé de Estado Sólido



24. Barreiras Ópticas SICK.



Figura 24. Válvula 5/2 eletropneumática Simples Solenóide

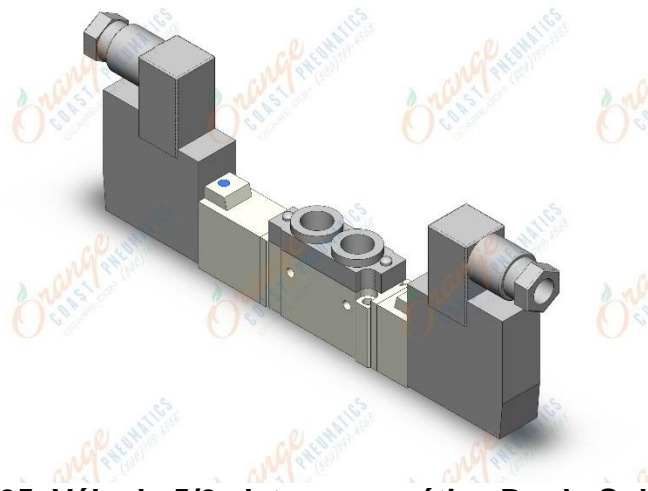


Figura 25. Válvula 5/2 eletropneumática Dupla Solenóide



Figura 26. Regulador de Pressão Ar Comprimido

Descrição dos pistões

Cilindro A – Dupla Ação - Garra 1
Cilindro B – Dupla Ação - Cilindro 1
Cilindro C – Simples Ação - Cilindro Vertical
Cilindro D – Dupla Ação - Garra 2
Cilindro E – Dupla Ação - Cilindro 2

Descrição das Válvulas Pnemáticas

1 – Dupla Solenóide
2 – Dupla Solenoide
3 – Simples Solenoide
4 – Dupla solenoide
5 – Dupla Solenóide

Sequência de movimentos dos pistões pneumáticos

Início
A+
B-
C+
D+
A-
E+
D-
B+
E-
Fim

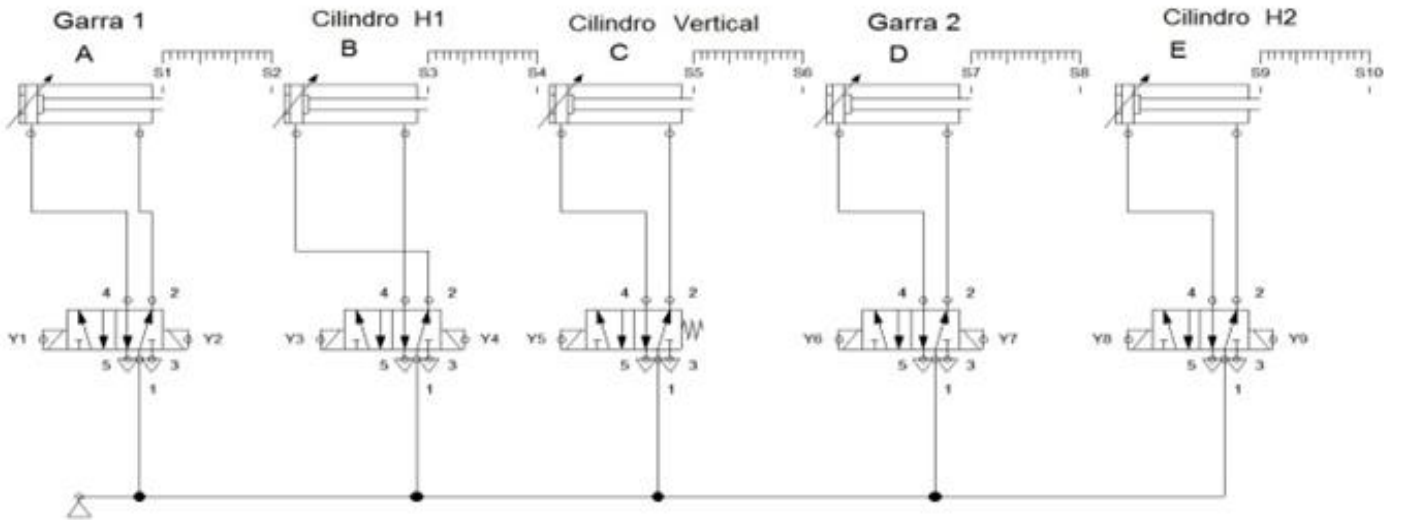


Figura 27. Desenho Esquema Pneumático.

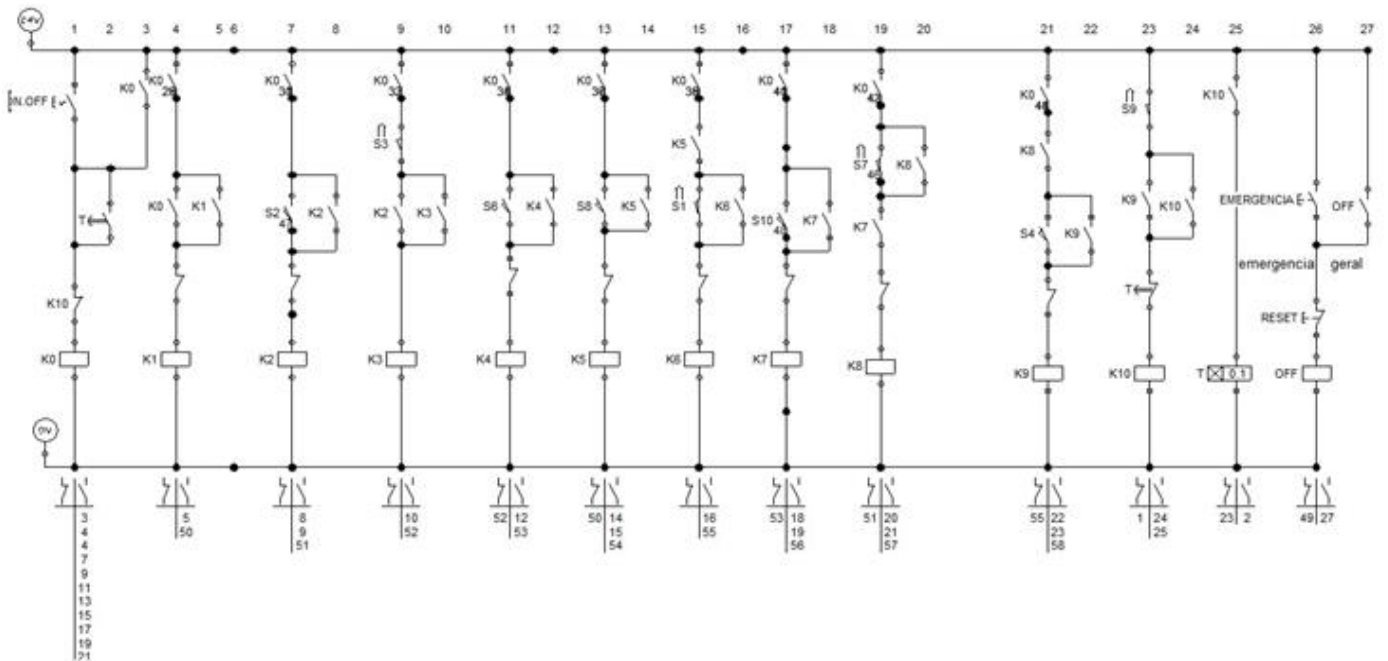


Figura 28. Desenho Esquema Elétrico 1.1

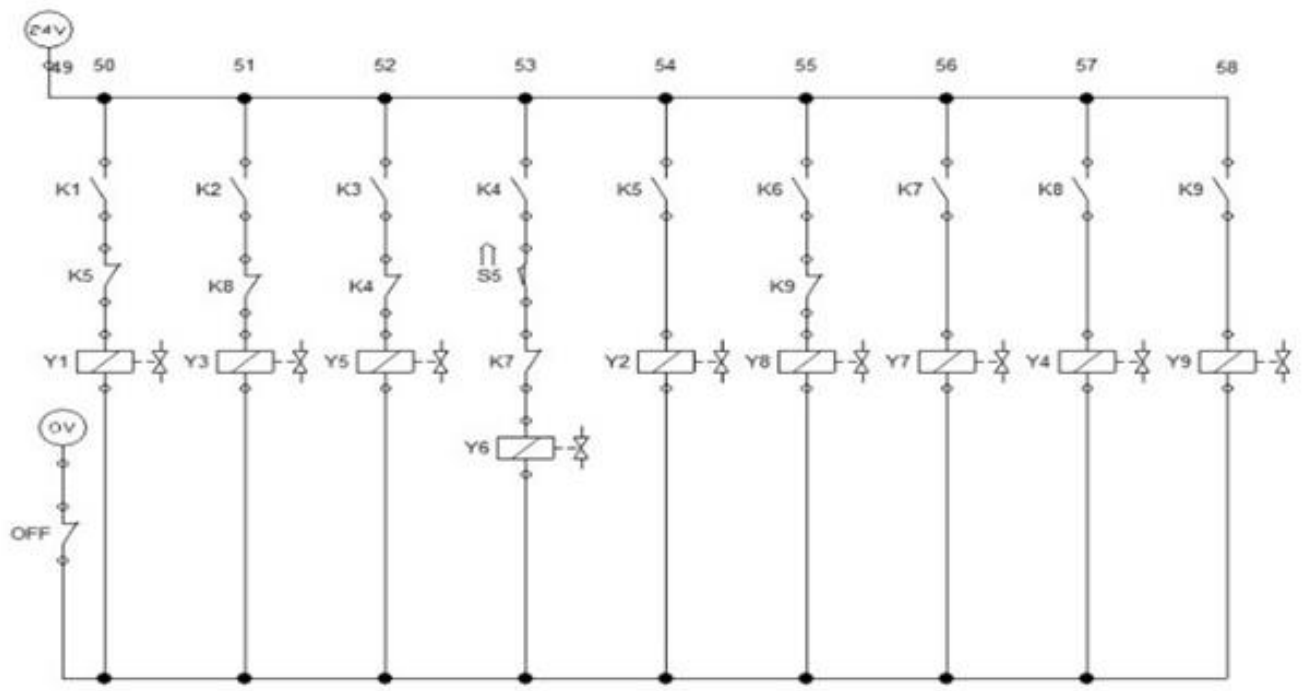
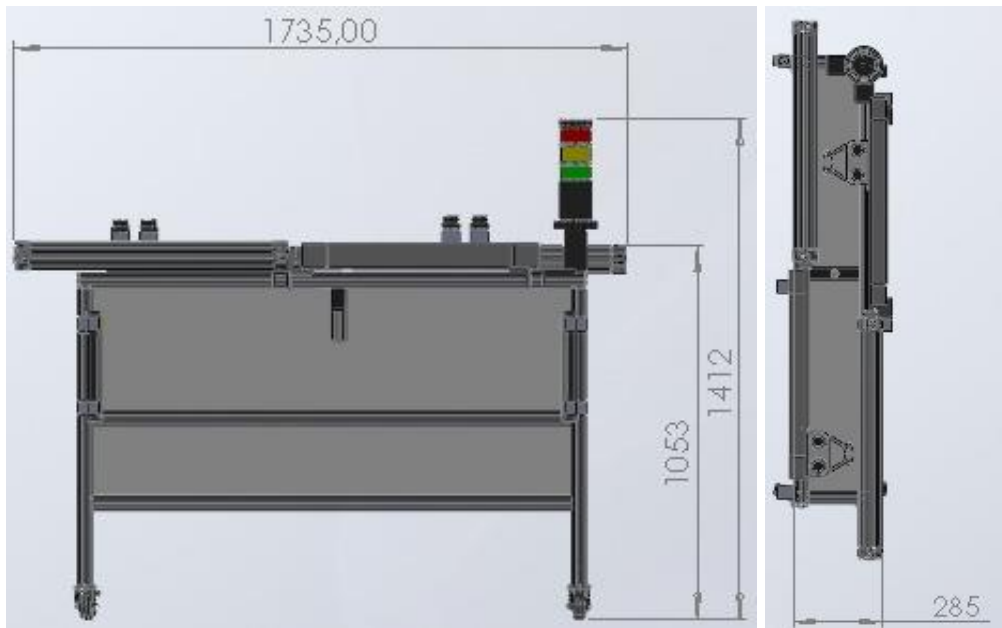
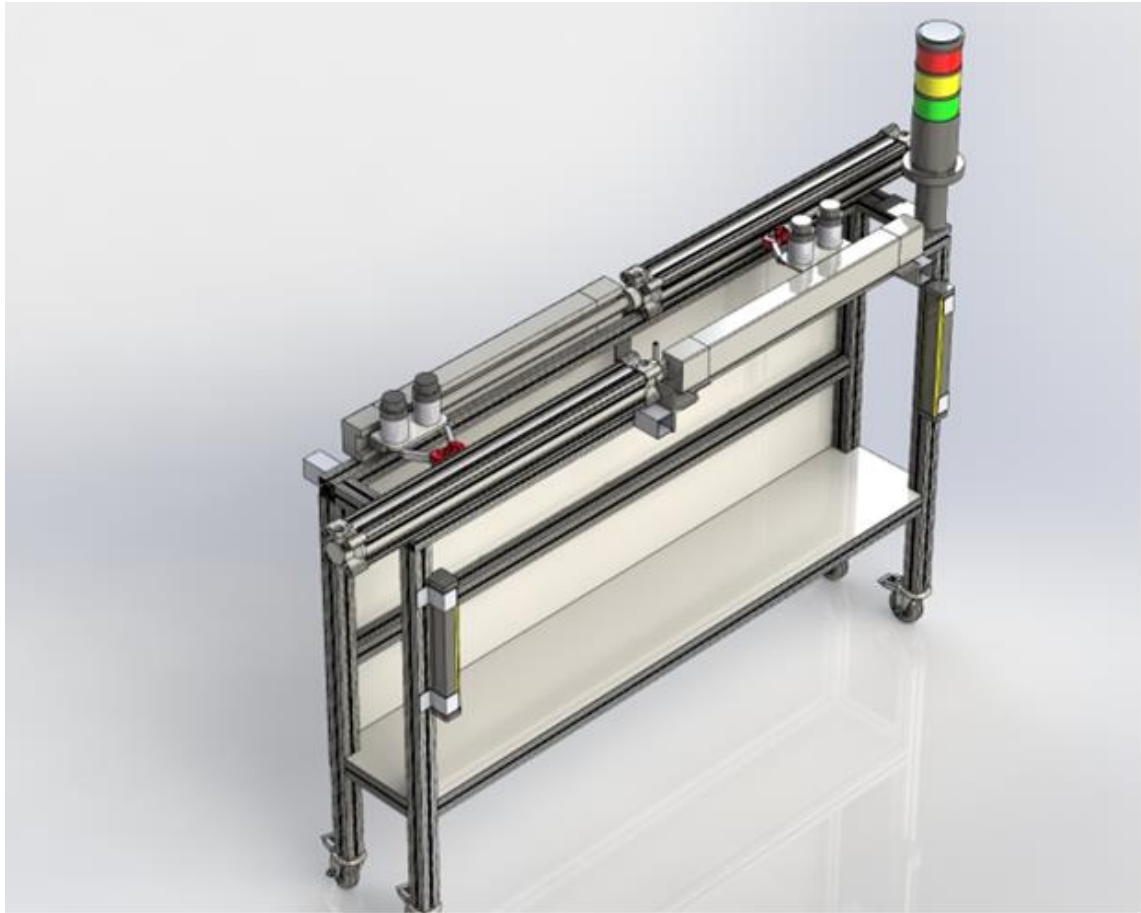


Figura 29. Desenho Esquema Elétrico 1.2

Tabela 1 – Custos

| Lista de materiais | Quantidade(Pçs) | Valor Unidade |
|--|-----------------|----------------------|
| Regulador de pressão ms6-lfr Festo | 1 | R\$ 1.752,11 |
| Regulador de pressão ms6-em1 festo | 1 | R\$ 1.200,00 |
| Regulador de pressão ms6-Sv Festo | 1 | R\$ 9.200,00 |
| valvula smc 5/2,1/8 24vds sy5220-4dz-01 | 4 | R\$ 3.600,00 |
| valvula smc 5/2,1/4,24 vds dy7120-5dz-02 | 1 | R\$ 603,00 |
| Módulo extensão Simens 6ES7 223-1BL32 | 1 | R\$ 2.100,00 |
| CLP CPU SIEMENS SIMATIC S7-1200 OBBO | 1 | R\$ 5.000,00 |
| rele interface wago 788-312/2 contatos reversiveis 24 vds | 9 | R\$ 504,00 |
| fonte de alimentação phoenix contact quint-os-100-240c/24v | 1 | R\$ 1.350,00 |
| conector borne sak 2,5mm bege | 15 | R\$ 300,00 |
| rele de instrutech cpd parada de emargencia | 1 | R\$ 160,00 |
| position sensor pneumatic sensor,ip65.ip68,10to 30v | 4 | R\$ 7.788,00 |
| series 8 bar single action pneumatic rotary actuator 90º | 4 | R\$ 9.108,00 |
| mangueira pneumatica tubo 6mm | 15mt | R\$ 120,00 |
| perfil aluminio estrutural 40x40 | 15mt | R\$ 1.920,00 |
| conector de controle de fluxo pneumatico de 6mm | 2 | R\$ 40,00 |
| conector pneumatico pu py pv 6mm | 4 | R\$ 160,00 |
| conevtor pneumatico bowden 6mm | 17 | R\$ 323,00 |
| Botão de emergência | 1 | R\$ 46,00 |
| Botão de Reset | 1 | R\$ 21,00 |
| Botão liga-desliga | 1 | R\$ 80,00 |
| Torre sinalizadora 24Vcc | 1 | R\$ 910,00 |
| Parafuso Tipo T Martelo M6 | 100 | R\$ 280,00 |
| Porca Tipo T martelo M6 | 100 | R\$ 190,00 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Total | | R\$ 45.003,00 |

Projeto Técnico da linha automatizada



CONCLUSÃO

A linha de produção automatizada obteve nossos objetivos esperados no início de projeto, realizando todas as operações, além de conseguir padrão de qualidade e segurança. Com esse projeto foi possível desenvolver atividades relacionadas com o curso e atividades aprendidas em sala de aula, tanto em fabricação e desenvolvimento mecânico quanto elétricos. Com nossos estudos na instituição ETEC Paulino Botelho e nossos estudos e pesquisas, conseguimos enfrentar os desafios e obstáculos que tivemos durante o desenvolvimento do nosso TCC. Em relação aos custos de material foi bastante elevado o nível de qualidade e isso fez com que o orçamento fosse bastante elevado.

No TCC foi possível desenvolver diversas atividades aprendidas em sala de aula. Como processos mecânicos: Torno, fresa, solda, etc. Além de aprendizados elétricos como: Disjuntores, contatores, relés de segurança e controladores. Também foi desenvolvida atividade pneumática, onde usamos: Atuadores pneumáticos, conexões, válvulas e mangueiras. Ainda foi usado Controlador Lógico Programável (CLP) e programação lógica em LADDER, e uso de Interface Homem Máquina (IHM).

REFERÊNCIAS

<https://macrotec.ind.br/o-que-e-clp-e-qual-sua-importancia-na-automacao-industrial/>

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>

<https://www.fullgauge.com.br/produto-mt-622e>

<https://www.citisystems.com.br/cilindro-pneumatico/>