

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

ADEMIR PEREIRA DA SILVA
ANDERSON BARCHI
ANTONY SANTOS DA SILVA
DANIEL ZANOTTO ARACENA
RONALDO SOARES

AUTOMAÇÃO DE SERRA PARA CORTES DE HASTES

São Bernardo do Campo - SP
Junho /2023

**ADEMIR PEREIRA DA SILVA
ANDERSON BARCHI
ANTONY SANTOS DA SILVA
DANIEL ZANOTTO ARACENA
RONALDO SOARES**

AUTOMAÇÃO DE SERRA PARA CORTES DE HASTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Gervásio das Neves Salvador

São Bernardo do Campo - SP
Junho /2023

**ADEMIR PEREIRA DA SILVA
ANDERSON BARCHI
ANTONY SANTOS DA SILVA
DANIEL ZANOTTO ARACENA
RONALDO SOARES**

AUTOMAÇÃO DE SERRA DE PARA CORTES DE HASTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Gervásio das Neves Salvador

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em:_____/ /2023

Banca Examinadora:

Prof. Esp. Gervásio das Neves Salvador, FATEC SBC - Orientador

Prof. Dr. _____, FATEC SBC - Avaliador

Prof. Esp. _____, FATEC SBC - Avaliador

Agradecemos a nossa família e familiares, amigos, professores e funcionários pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis de nossa trajetória acadêmica. Este trabalho é dedicado a eles.

Agradecemos aos Professores Me. Rômulo Albuquerque e Dr. Lilian Kátia de Oliveira pela ajuda durante a elaboração deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

JOSÉ DE ALENCAR

RESUMO

Para a fabricação de atuadores pneumáticos nas indústrias, é necessário que sejam cortadas hastes cilíndricas de metal sob medida, cujo suas dimensões determinarão o curso de atuação do mesmo numa enorme gama de equipamentos de diversas funções dos mais variados segmentos. Essas medidas devem ser exatas atendendo as padronizações previamente normatizadas de modo que os fabricantes de máquinas as projetem seus equipamentos considerando o uso desses atuadores de acordo com suas dimensões.

Atualmente, para a realização do corte das hastes, usa-se máquinas manuais onde o operador, com o auxílio de uma trena comum realiza as medidas, faz as marcações para que então a barra metálica seja posicionada e fixada para a execução dos cortes e obtenção das hastes nas variadas medidas.

Nota-se que tal processo é passível de variações nas medidas, uma vez que as medições são realizadas manualmente podendo apresentar inconstâncias.

Enxergou-se oportunidades de melhoria nesse processo com o uso de elementos de automação, aliados com os aprendizados práticos e teóricos obtidos no decorrer do curso.

O objetivo do trabalho é a implementação de elementos como servomotor, CLP (Controlador Lógico Programável) e IHM (Interface Homem Máquina), integrando-os entre si para a obtenção de uma máquina automatizada que possibilite um processo simples, confiável e sobretudo padronizado. As medidas passam a ser obtidas através de comandos na IHM que por sua vez enviam as informações ao CLP, responsável pelo processamento das informações e tomada de decisões, como por exemplo comandar o servomotor para os posicionamentos necessário para a realização dos cortes.

É válido ressaltar que, conseqüentemente o processo trará outros benefícios principalmente ao operador em relação a eliminação de esforços repetitivos.

Palavras-chave: CLP, IHM, Serra, Haste.

ABSTRACT

For the manufacture of pneumatic and hydraulic actuators in industries that are intended for this purpose, it is necessary in one of the steps that cylindrical metal rods be cut to size, whose dimensions will determine the actuation stroke of the same in a huge range of equipment of various functions of the most varied segments. These measures must be exact, meeting the previously standardized standards, so that machine manufacturers design their equipment considering the use of these actuators according to their dimensions.

Currently, for cutting the rods, manual machines are used where the operator, with the help of a common tape measure, performs the measurements, makes the markings so that then the metal bar is positioned and fixed for the execution of the cuts and obtaining of rods in various measures.

It is noted that such a process is subject to variations in measurements, since they are performed manually and may present inconsistencies.

Opportunities for improvement were seen in this process with the use of automation elements, combined with practical and theoretical learning obtained during the course. The objective of the work is to implement elements such as servomotor, PLC (Programmable Logic Controller) and HMI (Human Machine Interface), integrating them with each other to obtain an automated machine that allows a simple, reliable and standardized process. The measurements are obtained through commands on the HMI that in turn send information to the PLC, responsible for processing information and making decisions, such as commanding the servomotor for positioning necessary for cutting.

It is valid to emphasize that, consequently, the process will bring other benefits mainly to the operator in relation to eliminating repetitive efforts.

Keywords: CLP, IHM, Saw, Round.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
1.1 História da serra	12
1.2 Tipos de serra.....	13
1.2.1 Serra circular simples	13
1.2.2 Serra circular dupla.....	14
1.2.4 Serra tico-tico (Mattede, 2018c)	15
1.2.5 Serra fita	17
1.2.6 Arco de serra (Mattede, 2018b).....	18
1.2.7 Serra copo (Mattede, 2018a).....	18
1.2.8 Serrote (Teixeira, 2013).....	23
1.3 Controlador Lógico Programável (CLP).....	26
1.4 Interface Homem Máquina – IHM (Petruzella, 2014).....	31
1.5 Atuadores pneumáticos (Festo, 2022).....	33
1.6 Motores elétricos (Mamede, 2007)	35
1.7 Servomotor (Festo, 2021).....	36
1.8 Sensores	38
1.8.1 Sensores de Proximidade Indutivo	38
1.8.2 Princípio de funcionamento dos sensores de proximidade Indutivo	38
1.8.3 Sensores Magnéticos (Silveira, 2018)	39
2 METODOLOGIA	40
2.1 Tema-problema com justificativa e fluxograma	40
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	43
3.1 Planejamento e obtenção dos materiais.....	43
3.2 Desenvolvimento da estrutura	44
3.3 Descrição de funcionamento	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICES.....	55

INTRODUÇÃO

As ferramentas são objetos usados pelo ser humano desde o início de sua história. Ainda que primitivas, eram essenciais para seu cotidiano, uma vez que estas eram utilizadas em diversas atividades como a caça, a pesca necessária para sua alimentação, armamentos para confrontos com seus oponentes ou defesas de predadores, também como, instrumentos para manufaturas em geral. Ao passo que o ser humano evoluía, as ferramentas eram aprimoradas de modo a agregar e se tornar indispensáveis nas atividades do dia a dia.

Na indústria, o uso dos mais variados tipos de ferramentas é essencial, frente as exigências de produtividade, lucro, qualidade, destacando ainda as altas demandas de produção e a forte concorrência de mercado num mundo cada vez mais globalizado.

Para que as ferramentas e máquinas em geral deem suporte às empresas num cenário tão agressivo no que se diz respeito a concorrência, busca-se automatizá-las dando-as ainda uma maior eficiência que por consequência trará melhores resultados nos quesitos que farão grande diferença na corrida frente aos concorrentes de mercado.

Ao se dar por conta disso, as empresas investem pesado em tecnologia buscando aprimorar e modernizar cada vez mais os seus processos e maquinários em geral para que de posse disso, obtenham uma linha produtiva mais rápida, com melhor desempenho e confiabilidade de modo que ela possa entregar o maior número de produtos com qualidade, segurança, sobretudo com o melhor custo-benefício possível.

Numa vasta disposição de ferramentas, destaca-se a serra, basicamente destinada a dar formato ou adequar o tamanho das matérias prima ou produto acabado de acordo com a necessidade de produção. Com o uso de uma serra pode-se cortar uma enorme gama de materiais como: madeira, ferro, aço ainda que estes possuam diferentes propriedades como dureza e espessura bastando adequar o tipo da serra ideal para cada aplicação.

Diante do exposto, tem-se como objetivo neste trabalho, automatizar uma serra de bancada muito usada nas empresas com as mais variadas tarefas. A serra em específico a ser automatizada é usada para cortar hastes que são matérias prima na fabricação de cilindros atuadores instalados de forma vasta nas máquinas. No equipamento em questão, para que os cortes sejam feitos nas medidas desejadas, é necessário que o operador faça a medida manualmente com o uso de uma trena e devido aos diversos tamanhos necessários para a confecção de diferentes atuadores, entendemos que o processo atual oferece oportunidades para aprimorá-lo.

Para a adequação dessa ferramenta, será usado um transdutor linear de posição, conhecido também como régua potenciométrica que será responsável por indicar a posição correta da haste a ser cortada, servomotor que substituirá o motor elétrico convencional com o objetivo de posicionar a haste no local desejado de forma precisa além de sensores que monitorarão o processo. O controle do processo será realizado através de Controlador Lógico Programável (CLP) e a linguagem de programação nele usado será *Ladder*.

O trabalho é dividido em três capítulos:

Capítulo 1 – Fundamentação teórica: São apresentadas teorias que dão sustentação para o desenvolvimento do projeto.

Capítulo 2 – Metodologia: Estão presentes os percursos a serem tomados pela trajetória do projeto destacando-se os métodos, técnicas e procedimentos.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto: São apresentados passo a passo, para a construção e desenvolvimento do projeto, isto é, figuras e tabelas para melhor entendimento do leitor.

E finalmente, as Considerações finais: são descritos os objetivos propostos e atingidos no projeto, justificativa, resultados, apontando as relações entre os fatos verificados e as teorias e sugestões de possíveis trabalhos futuros.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 História da serra

Segundo Jimenez (2013), por volta do ano 6000 a.C, os egípcios já eram utilizadores da serra como ferramenta de corte para madeira, entretanto de forma manual e tinha como nome serra de cova, porém pelo fato de seu material de confeccionamento ser o bronze, este tipo de serra não era muito cabível para o tipo de serviço que era realizado (produção de pranchões e tábuas), isto é, por não possuir uma rigidez suficiente para corte de determinados materiais. Por volta de 1555 d.C criaram a primeira serra de desdobro feita em ferro, onde seu manuseio era alternativo, ou seja, podia ser manual ou por uma roda d'água. Segundo Fagundes (2003), o ato do desdobro refere-se à redução de toras inteiras em partes menores que são denominadas como pranchas, tábuas ou peças de secção retangular e/ou quadrada, esses tipos de cortes são realizados de forma longitudinal e com serras de modelo circular simples, duplo ou múltiplo.

Jimenez (2013), ressalta que este tipo de ação em que ocorre o corte sobre o objeto gera uma temperatura elevada na lâmina da serra e no material, sendo assim necessário um meio de arrefecimento por ar frio ou água. Grande parte das serras utilizadas possui --segurança, podendo ser elétricos como aterramentos e de proteção sobre o disco, nas correias e nos demais outros pontos.

Desde a criação da serra de desdobro, outros tipos de serra foram sendo aperfeiçoadas, até que em 1777 a primeira serra circular foi patenteada por Samuel Miller e logo em seguida no ano de 1800, Willian Newberry construiu a serra de fita (JIMENEZ, 2013).

De acordo com Monteiro (2011), a exemplo das demais serras, a serra circular é destinada a cortes de diversos materiais. Suas inclinações variam de acordo com o material a ser cortado e através disso foram criados três tipos, sendo elas, serra circular simples, serra circular dupla e serra circular múltipla.

1.2 Tipos de serra

Existem vários tipos de serras, buscando trazer uma melhor compreensão de suas funções e aplicações, encontramos autores peritos no assunto afim de demonstrar está vasta variedade de manuseios.

1.2.1 Serra circular simples

Segundo Jimenez (2013) e Yuzo (2011), uma serra circular simples é uma mesa na qual existe um único disco de serra, pelo fato de ter uma altura de corte menor, sua utilização é mais encontrada em pequenas serrarias, entretanto sua precisão e corte são bem ineficientes e tem uso em operações de seccionamento, refilamento e destopamento. A Figura 1.1 mostra um modelo de serra circular.

Figura 1.1 – Serra

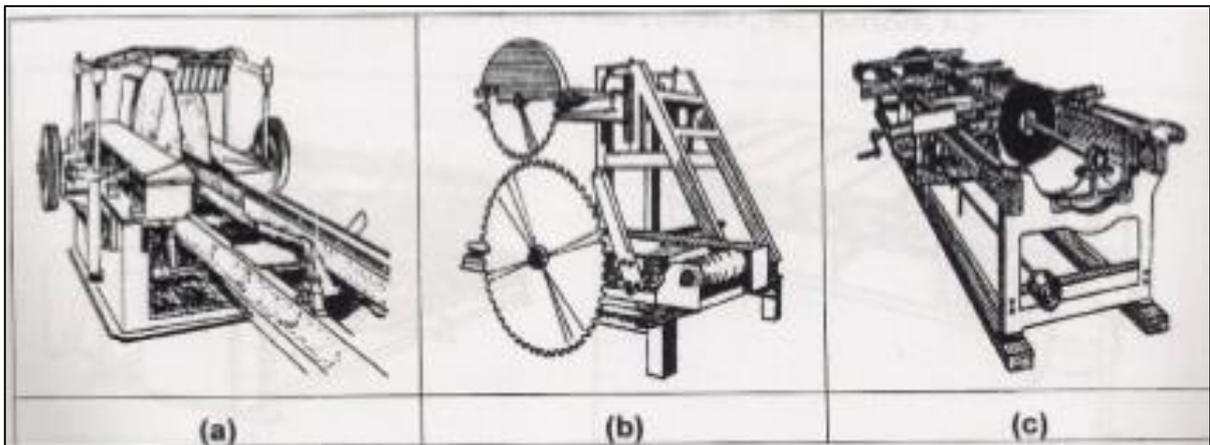


Fonte: www.agrotama.com.br, 2022.

1.2.2 Serra circular dupla

Segundo Yuzo (2011) e Jimenez (2013), um modelo de serra que possui dois discos de corte que podem ser paralelos ou sobrepostos, onde um deles pode ser móvel, o que permite uma mudança de bitola com mais facilidade, como se pode ver na Figura 1.2.

Figura 1.2 – Serra circular dupla



Fonte: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119545/000764944.pdf?sequence=1>, 2011.

1.2.3 Serra circular múltipla

Uma serra circular múltipla possui mais de dois discos de serra, podendo realizar a execução de múltiplos cortes ao mesmo tempo. Este tipo de serra possui um disco ou um conjunto que podem ser móveis, como em uma serra circular dupla, podendo assim realizar mudanças de bitolas com mais eficiência e rapidez. Neste modelo de serra, apenas operários profissionais e realmente qualificados devem manuseá-las e com os equipamentos de proteção exigidos pelas normas NR18 e NR12 (JIMENEZ, 2013). A Figura 1.3 é um exemplo de serra circular múltipla.

Figura 1.3 – Serra circular múltipla



Fonte: www.mfrural.com.br, 2022.

Uma serra circular deve sempre estar em um local no qual pessoas que não tenham especialização não possam acesso manual, e seu ambiente deve ser adequado para trabalho, manutenções e consertos, tudo isso para que ocorra uma produção sem riscos e com proteção a pessoas sem experiência.

1.2.4 Serra tico-tico (Mattede, 2018c)

Existem diversos tipos de lâminas para uma serra tico-tico, onde cada modelo serve para determinada realização de um trabalho, podendo ser utilizada para corte de múltiplos materiais, como por exemplo, chapas plásticas, chapas de madeira e chapas metálicas.

Uma serra tico-tico é capaz de realizar cortes precisos, entretanto para que isso ocorra é necessário que o usuário utilize uma lâmina adequada para determinadas aplicações, desta forma é preciso que seja realizada análises do material que será cortado, por exemplo, a espessura do material e o tipo de corte que será realizado. Para isso os fabricantes criaram tabelas que podem ser encontradas em catálogos próprios e que facilitam a busca pelo modelo correto de lâmina a ser utilizada.

A utilização inadequada ou o uso de lâminas incorretas para um dado material pode causar cortes irregulares e indesejáveis, por causa do usuário não ter feito uma análise correta do material que seria cortado e de qual lâmina deveria ser utilizada.

Dentro dos modelos de serras tico-tico, podem ser encontradas tipos de serra que cortam determinados materiais e outras que tem múltipla função, isto é, alguns modelos só cortam madeira, ferro, ou plásticos, já outros tipos podem cortar todos esses materiais. Além dos tipos citados, existem mais dois modelos que cortam materiais mais duros como o aço e outro que corta materiais abrasivos como a cerâmica.

As lâminas possuem cores em suas pontas que as distinguem uma da outra, ou seja, cada cor simboliza um material na qual a lâmina foi feita para corte. As lâminas de serra tico-tico podem realizar diversos tipos de cortes de maneiras diferentes, como por exemplo o sentido do corte, onde ele pode ser reto, curvo ou corte com contorno. Sabendo disso as lâminas maiores foram desenvolvidas para cortes mais profundos, cortes em linha reta e materiais com espessura maior, e por isso é recomendável não forçar a serra tico-tico ao realizar cortes em curvas, pois pode entortar a lâmina e o corte final não será o desejado. Existem também as lâminas médias e pequenas que são utilizadas para cortes curvos, porém, para cortes com contorno é recomendado a utilização de lâminas menores. A Figura 1.4 mostra a estrutura de uma serra tico-tico.

Figura 1.4 – Estrutura de uma serra tico-tico



Fonte: <https://www.lojadomecanico.com.br>, 2022.

1.2.5 Serra fita

De acordo com Batista (2006) e Johnson (2012), a serra fita surgiu em 1808, ano em que foi criada por William Newberry, em plena Revolução Industrial, época na qual os homens deixaram de ser camponeses e servos para se tornarem operários modernos, entretanto por estar em sua fase teste era frequente ocorrer falhas com a serra. Entretanto, após 40 anos Anne Paulin Crepin desenvolveu uma forma de soldar a lâmina, fazendo com que ela se tornasse mais robusta e pudesse suportar trabalhos mais rigorosos.

Segundo Batista (2006), a serra fita é um dos melhores modelos para se fazer cortes em materiais duros, porém existem algumas diferenças entre as produções. A serra fita funciona de forma que um motor elétrico faz com a fita de serra realize cortes diversos, podendo ser ondulados, em círculos, retos ou irregulares. Este modelo de serra é bastante procurado por usuários que buscam cortes em objetos mais espessos, onde serras circulares não conseguiriam alcançar. Outro fator é a sua engenharia robusta que faz com que o operador realize cortes com menor perda de material, ajudando assim na maior produtividade no dia-a-dia.

Batista (2006) também diz que modelos de marcas confiáveis custam barato e podem ser utilizadas em diversas áreas, como por exemplo em marcenarias, açougues entre outros lugares. Porém existem pontos negativos desta serra, caso o usuário busque por uma serra fita com marcas melhores e importadas seu valor custará 3 ou 4 vezes mais do que às citadas anteriormente, outro ponto é seu corte não tão preciso, e uma manutenção cara e cedo, caso o operador não tenha conhecimento técnico sobre o que está sendo feito. A Figura 1.5 mostra a estrutura de uma serra fita.

Figura 1.5 – Estrutura de uma serra fita



Fonte: https://www.leroymerlin.com.br/serra-fita-vertical-900w-lb1200f-127v--110v--makita_89564293, 2022.

1.2.6 Arco de serra (Mattede, 2018b)

O arco de serra é a ferramenta mais tradicional junto ao serrote quando o operário desejar serrar um determinado material. Sua estrutura conta com um cabo que facilita o manuseio, uma estrutura arqueada e um espaço para que se possa colocar a lâmina em seu espaço inferior. Sua utilidade varia, podendo ser utilizado para corte de diversos materiais como, madeira, metal, concreto e até cerâmica, só depende do porte do material que deve ser de tamanho médio e de sua espessura.

Seu grande diferencial é a facilidade de troca de lâminas, que pode ser realizada a qualquer momento, a tornando bastante versátil. Suas vantagens são, grande versatilidade por conta de sua troca de lâmina facilitada, permissão de cortes em ângulos diferentes na serração, permitindo trabalhos artesanais e que o operário alcance lugares complicados e tudo isso por um preço acessível. Entretanto, existem desvantagens como por exemplo, a falta de velocidade, pois por ser uma serra manual a produtividade não será igual à uma serra elétrica e devido ao seu tamanho e formato, ela não é indicada para cortes em materiais de grandes espessuras.

1.2.7 Serra copo (Mattede, 2018a)

Uma serra copo é diferente das brocas, pelo fato de suas furações possuírem grandes diâmetros e serem úteis para diferentes tipos de materiais, portanto sua

utilidade é fundamental nos ramos de serralheria, mercenária, elétrica e construção civil.

Cada modelo de serra copo é determinada para cada tipo de material a ser furado, ou seja, o operário deve saber manusear a serra, pois a falta de técnica diminui a vida útil da serra, a qualidade e integridade do furo.

A qualidade de furação com este modelo de serra, varia também pelo tipo de furadeira na qual o usuário está utilizando. Furadeiras profissionais garantem um desempenho melhor, pois possuem regulação de velocidade, entretanto furadeiras de modelos mais simples não são recomendados para trabalhos constantes por não possuir determinada robustez.

Existem alguns tipos de serra, como por exemplo:

- Serra copo bi-metal: Adequadas para realizar cortes, perfurações em materiais metálicos e de aço inoxidável, como chapas ou perfis não metálicos como PVC, madeira entre outros;

A Figura 1.6 mostra a estrutura de uma serra copo bi-metal.

Figura 1.6 – Estrutura de uma serra copo bi-metal



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Serra copo multi (videa): Utilizadas para cortes em madeiras, plásticos, placas MDF, gesso e tijolos, com extrema facilidade de corte. A Figura 1.7 mostra a estrutura de uma serra copo multi;

Figura 1.7 – Estrutura de uma serra copo multi



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Serra copo diamantada: Realiza cortes de plásticos reforçados, asbestos (amianto), germânio e materiais similares e/ou abrasivos;

A Figura 1.8 – Mostra a estrutura de um modelo de serra copo diamantada.

Figura 1.8 – Estrutura de uma serra copo diamantada



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Serra copo tipo fresa: Recomendadas para corte de ligas de aço, aço inox e estruturas reforçadas. A Figura 1.9 mostra um modelo de serra copo tipo fresa.

Figura 1.9 – Estrutura de uma serra copo tipo fresa



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

Existem acessórios que podem ser usados em conjuntos com as serras copos, sendo eles:

- Suporte de fixação: Contém modelos que já vem com suporte junto ao copo, por exemplo a serra copo tipo fresa, porém em outros modelos é necessário o uso de suporte de fixação para que se possa utilizar e realizar a fixação na furadeira;

A Figura 1.10 mostra alguns modelos de suportes para fixação de serras.

Figura 1.10 – Suporte de fixação



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Brocas piloto: Acessórios que guiam a serra copo ao seu furo, as brocas piloto são encaixadas no suporte de fixação;

A Figura 1.11 mostra alguns modelo de brocas piloto.

Figura 1.11 – Brocas piloto



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Extensão para suporte: Utilizados quando se necessita de furos profundos. A Figura 1.12 mostra a estrutura de um modelo de extensão para suporte.

Figura 1.12 – Extensão para suporte



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Coletor para resíduos: Este acessório evita que os resíduos do corte se espalhem e provoquem sujeira no local de trabalho. A Figura 1.13 apresenta o coletor para resíduos.

Figura 1.13 – Coletor para resíduos



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022.

- Dispositivo ejetor de resíduos: Evita que os resíduos agarrem e/ou se acumulem no interior da serra copo. A Figura 1.14 mostra um dispositivo ejetor de resíduos.

Figura 1.14 – Dispositivo ejetor de resíduos



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>, 2022

1.2.8 Serrote (Teixeira, 2013)

O serrote é uma ferramenta que conta com um cabo normalmente feito em madeira, onde se encontra uma lâmina denticulada feita em aço temperado e travada. Os dentículos encontrados neste tipo de lâmina são considerados travados, pois a lâmina possui dentes inclinados em determinadas direções, que por sua vez quando se realiza o movimento "para trás e frente" é realizado o corte no material.

Existem basicamente quatro modelos de serra, sendo elas:

- Serra comum: Usada para decepar, cortar ou destacar a madeira de forma transversal ao sentido das fibras, realizando cortes retos e com maior profundidade. Sua medida pode variar de 30 cm à 60 cm; Abaixo pode ser visto na Figura 1.15, um serrote comum.

Figura 1.15 – Serra comum



Fonte: <https://www.cpt.com.br/cursos-marcenaria/artigos/marcenaria-formao-e-tipos-de-serrotes-utilizados-no-recorte-da-madeira#:~:text=curvas%20e%20recortes-,Serrote%20comum,30%20cm%20e%2060%20cm,2022.>

- Serra de ponta: Para este tipo de serrote é pontiaguda e estreita e seus dentes são encontrados na parte superior da lâmina. É utilizada para cortes curvos e recortes por conta de seu formato; A Figura 1.16 mostra um modelo de serra de ponta;

Figura 1.16 – Serra de ponta



Fonte: <https://www.elastobor.com.br/serrote-de-ponta-vonder-para-gesso-e-drywall-6-1-2/p?idsku=71321001,2022.>

- Serra de costas: Utilizada para cortes e detalhes de pequenas peças com exatidão, e recortes de juntas. Sua lâmina é retangular com as "costas" (dorso) guarnecido, permitindo assim um melhor controle do serrote. É utilizada para cortes com maior precisão e menos profundos; A Figura 1.17 mostra a estrutura de uma serra de costas.

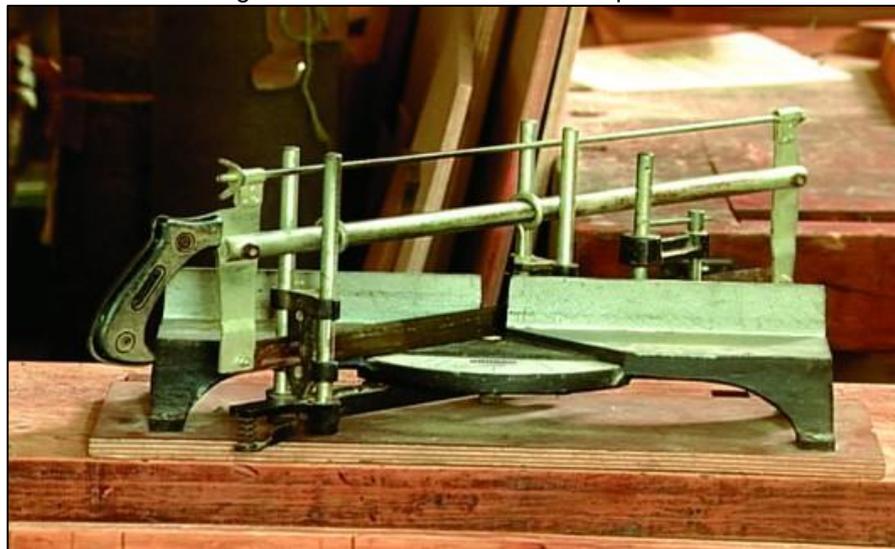
Figura 1.17 – Serra de costas



Fonte: <https://www.cpt.com.br/cursos-marcenaria/artigos/marcenaria-formao-e-tipos-de-serrotes-utilizados-no-recorte-da-madeira#:~:text=curvas%20e%20recortes-,Serrote%20comum,30%20cm%20e%2060%20cm,2022.>

- Serrote de meia-esquadria: É um serrote de costas que foi montado sobre uma armação especial, onde se pode fazer cortes retos em várias angulações, sem necessidades de marcações prévias e com muita precisão. Sua base é graduada e tem guias com travas para se realizar a fixação. A Figura 1.18 mostra um modelo de serrote de meia-esquadria.

Figura 1.18 – Serrote de meia-esquadria



Fonte: <https://www.cpt.com.br/cursos-marcenaria/artigos/marcenaria-formao-e-tipos-de-serrotes-utilizados-no-recorte-da-madeira#:~:text=curvas%20e%20recortes-,Serrote%20comum,30%20cm%20e%2060%20cm,2022.>

1.3 Controlador Lógico Programável (CLP)

De acordo com Silva (2017) e Stefano (2017), o CLP surgiu na indústria automobilística da General Motors em 1968, com o objetivo de substituir o uso de relés eletromagnéticos, que eram utilizados para realizar o controle de operações sequenciadas e repetitivas em uma linha de montagem, porém estes relés gastavam tempo e dinheiro a cada alteração na linha de produção e por esse motivo acabou sendo substituído. O termo *Programmable Logic Control* (PLC) foi batizado nos Estados Unidos, e em português Controlador lógico programável (CLP), onde a fabricante de CLPs Allen Bradley possui o registro do equipamento.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), a definição de um CLP, seria que este é um equipamento eletrônico digital com hardware e softwares que são compatíveis com aplicações em indústrias.

De acordo com a NEMA – *NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION*. (2022), o CLP é um aparelho eletrônico digital que faz utilização de uma memória programável para armazenar internamente instruções que realizem ações específicas, como lógica, temporização, contagem, sequenciamento e aritmética, para controlar entradas e saídas e/ou várias máquinas ou processos.

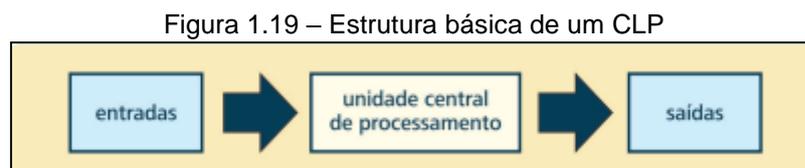
Conforme Marcos (2011), a evolução dos Controladores programáveis pode ser dividida em cinco gerações:

- 1ª geração: O tipo de programação realizada era em Assembly, ou seja, exigia do programador um conhecimento completo do hardware do CLP, isto é, de seus componentes eletrônicos;
- 2ª geração: Começaram a surgir linguagens de nível médio, que possuíam programas que eram capazes de converter o programa desenvolvido pelo usuário em linguagem de máquina;
- 3ª geração: Nesta geração os CLPs começaram a possuir entradas de programação, podendo assim realizar a conexão de teclados ou programadores portáteis;

- 4ª geração: A partir desta, os Controladores lógico programáveis apresentavam entradas para comunicação serial, o que permitia uma programação direta com um computador. O software utilizado no computador além de permitir programação e transferência do programa ao CLP;
- 5ª geração: CLPs desta geração apresentam protocolos de comunicação, o que facilita a interface com outros equipamentos e até mesmo com sistemas supervisórios;

De acordo com Marcos (2011), as principais vantagens de se utilizar CLPs ao invés de painéis eletromecânicos são, a maior confiabilidade e flexibilidade, fácil programação e reprogramação, reutilizável para outros processos, maior rapidez na elaboração dos projetos, entre outras diversas vantagens, tornando bastante viáveis em projetos de automação industrial, comercial ou até mesmo em projetos residenciais.

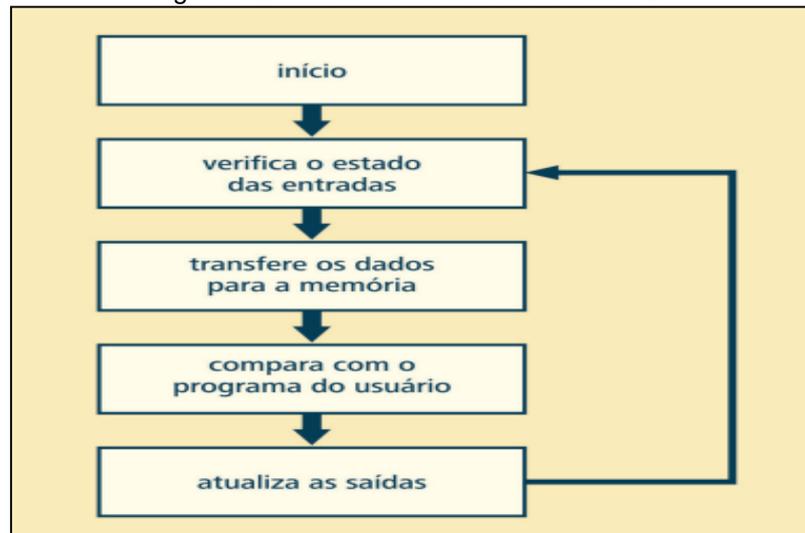
Segundo Marcos (2011), o funcionamento básico do CLP pode ser dividido em três partes simples, são elas, entradas, unidade central de processamento e saídas, como se pode ver na Figura 1.19.



Fonte: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/17_controladores_programaveis.pdf, 2011.

Para Marcos (2011), nas entradas de um CLP são encontrados conectados os transdutores, dispositivos que tem como função informar eletricamente as variáveis que estão sendo recebidas no processo para à Unidade Central de Processamento (CPU), com isso a CPU analisa as informações de entrada recebidas, juntamente com o programa que nela estão armazenadas, assim desativando ou ativando as saídas do CLP. Saídas de um CLP estão conectadas com atuadores, dispositivos que interagem com o processo, para poder controlá-lo. O controle e o processamento das informações de entradas e saídas são feitos de formas constantes, através do ciclo de varredura, como é mostrado na Figura 1.20.

Figura 1.20 – Ciclo de varredura de um CLP



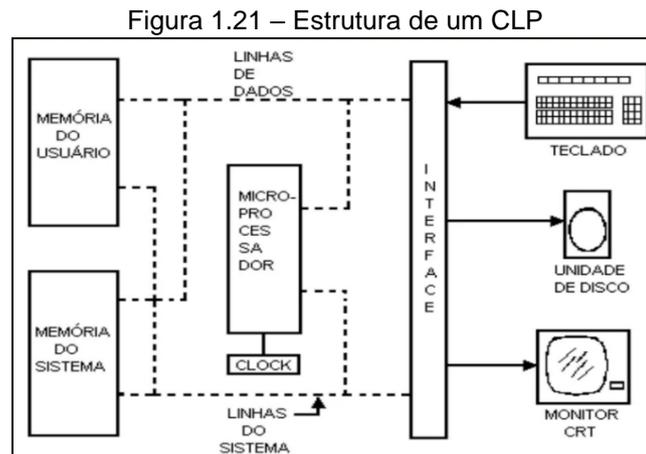
Fonte: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/17_controladores_programaveis.pdf, 2011.

Conforme Marcos (2011), inicialmente, ao ligar o CLP, é verificado o funcionamento da CPU, dos circuitos auxiliares, memórias, se existem programas a serem lidos, desativando as saídas. Logo em seguida é realizado a leitura do estado de cada uma entrada, verificando se alguma foi acionada, este processo de varredura dura microssegundos. Após o processo de leitura das entradas, as informações obtidas pelo CLP através da varredura são armazenadas em uma memória chamada “memória imagem das entradas e saídas”, esta memória será consultada pelo CLP durante a leitura e processamento do programa. Ao realizar a execução do programa criado pelo usuário, o CLP consulta a memória imagem das entradas, atualizando a memória imagem das saídas, de acordo com o programa do usuário, realizando uma comparação. Logo após realizar a atualização da memória imagem das saídas, o CLP atualiza os módulos de saídas e interfaces, fazendo com que se inicie um novo ciclo de varredura.

Marcos (2011) enfatiza que a estrutura básica de um Controlador Lógico Programável conta com os componentes a seguir, memória, fonte, Entrada/Saída, terminal e CPU, onde ambos possuem ações diferentes, sendo elas:

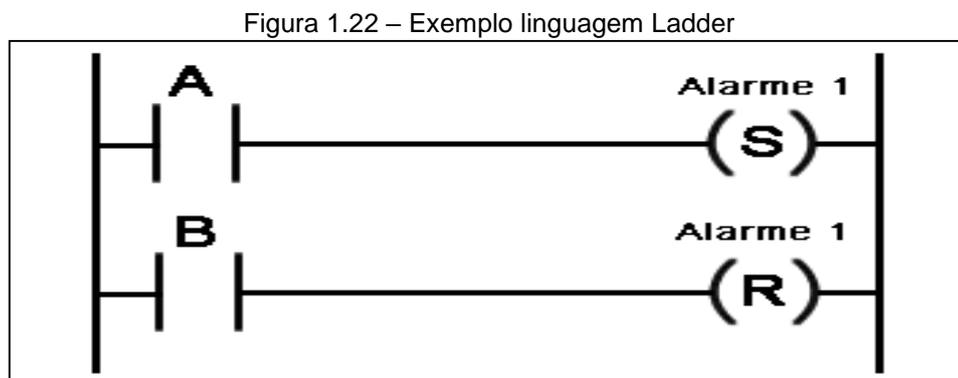
- Memória: Local onde fica armazenado o programado e os estados das entradas de saídas do CLP;
- Fonte: Responsável por fornecer alimentação elétrica para o CLP;

- Entrada/Saída: É a ligação com o equipamento a ser controlado;
- Terminal: Local no qual se permite que o usuário realize a programação controlador lógico programável;
- CPU: Responsável por executar o programa correspondente com o circuito, podendo controlar as informações de entrada e saída. A Figura 1.21 mostra a estrutura de um CLP.



Fonte: <https://pt.slideshare.net/saddampetrucci/clp-25813159>, 2013.

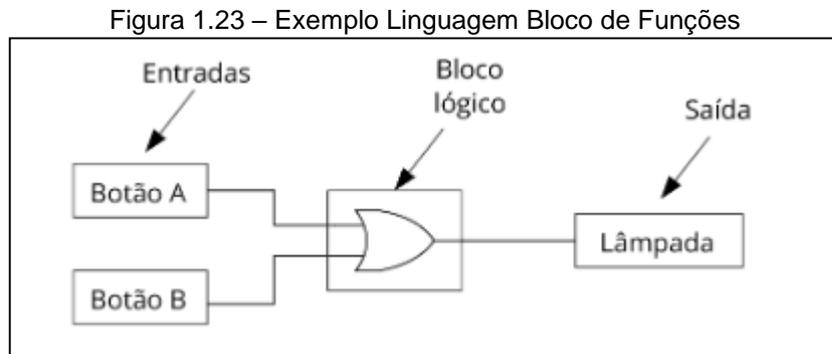
Segundo Marcos (2011) e Neto (2018), existem alguns tipos de programações para um CLP, como: *Ladder* (LAD), conhecida como lógica de contatos; Bloco de funções (FBD) e também o Texto Estruturado (ST), bastante utilizada no mercado. A Figura 1.22 ilustra um exemplo de um trecho de linguagem de CLP.



Fonte: <https://www.citisystems.com.br/linguagem-ladder/>, 2016.

Marcos (2011) aponta a principal vantagem ao utilizar o Bloco de funções (FBD), observando a possibilidade de se implementar funções lógicas e circuitos digitais diretamente no CLP, pois nem todas as soluções são resolvidas com contatos

elétricos (Lógica *Ladder*). A Figura 1.23 mostra um exemplo de linguagem de blocos de funções.



Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/60/2/9>, 2022.

Para Marcos (2011), após ser implementada este tipo de programação, o CLP passou a ser chamado de CP (controlador Programável), pois passa a ter integração com as funções de uma programação de computador para que se realize o controle de processo em máquinas nas indústrias. A Figura 1.24 mostra um exemplo de linguagem de instruções.

Figura 1.24 – Exemplo de linguagem de Instruções

```

LD      T_CMD_MAX
ST      CMD_TMR.PT      (* Store an input to the TON FB *)
LD      AUTO_CMD
AND     AUTO_MODE
OR(     MAN_CMD
ANDN    AUTO_MODE
ANDN    MAN_CMD_CHK
)
ST      CMD
IN      CMD_TMR      (* Invoke the TON FB *)
LD      CMD_TMR.Q
ANDN    FDBK
ST      ALRM_FF.S1    (* Store an input to the SR FB *)
LD      ACK
R       ALRM_FF      (* Invoke the SR FB *)
LD      ALRM_FF.Q1
ST      ALRM

```

Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1263439/>, 2014.

1.4 Interface Homem Máquina – IHM (Petruzella, 2014)

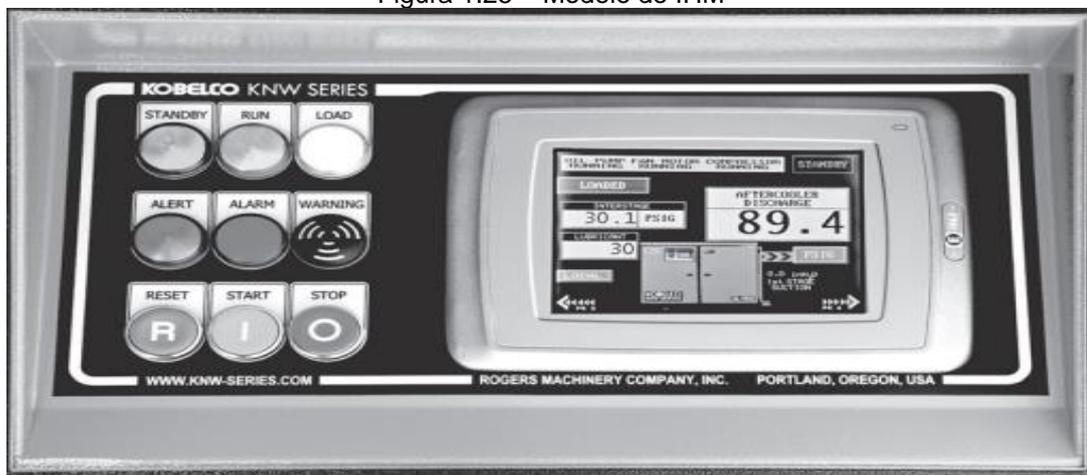
Uma IHM faz a comunicação entre o homem e máquina através de uma tela comunicando-se através da rede TCP/IP (Modbus) com o Controladores Lógico Programáveis (CLP), trazendo a informação ao operador do processo produtivo através de dados parametrizados gerando visualizações e informações do processo. De forma objetiva, seria uma ponte de controle de operação entre o homem e o CLP (“máquina”) na inserção de dados, leitura ou obtenção informações do sistema ou acionamento do processo.

O Programa (*software*) do CLP permite ao usuário monitorar e controlar o processo também conhecido como interface homem-máquina (IHM). Este equipamento permite ao usuário ver um processo – ou uma representação gráfica do processo – em um monitor, determinar como o sistema está funcionando, os valores de tendência e receber condições de alarme.

Uma interface homem-máquina (IHM), pode ser conectada para comunicar com um CLP e substituir botões de comando, chaves seletoras, sinaleiros luminosos, chaves digitais manuais e outros dispositivos de controle no painel do operador.

Um exemplo comparativo comum de aplicações de uma IHM. Um caixa eletrônico bancário é um grande exemplo de interface homem máquina que utilizamos em nosso cotidiano, temos vários exemplos que utiliza método parecido princípio de parametrização de seus dispositivos internos em escala simplificada. A Figura 1.25 mostra um modelo de IHM.

Figura 1.25 – Modelo de IHM



Fonte: <https://www.citisystems.com.br/linguagem-ladder/>, 2016.

1.4.1 Drivers e Protocolo de comunicação (Petruzzela, 2014)

O protocolo de comunicação é um método padronizado para a transmissão de dados e/ou estabelecimento de comunicações entre dispositivos diferentes.

Um protocolo bastante utilizado é o *Modbus*. Trata-se de um protocolo de comunicação serial desenvolvido originalmente pela empresa Modicom para uso em seus CLPs. Basicamente, é um método usado para a transmissão de informação através de linhas seriais entre dispositivos eletrônicos.

Esse protocolo de rede tem o papel principal entre a comunicação dos dispositivos através da estrutura física dos dispositivos fazendo a interconectividade entre CLP e IHM.

Antigamente não existia drivers padronizados para suprir a diversidade de fabricantes de IHM, cada fabricante possuía seus drivers proprietários com código fonte fechado, sendo um empecilho para o usuário final, o que tinha que construir ou adaptar seu próprio dispositivo driver a suas necessidades ou ficar preso a um só fabricante de IHM.

1.5 Atuadores pneumáticos (Festo, 2022)

Conhecidos também como atuadores de ar comprimido, os atuadores pneumáticos são equipamentos responsáveis por executar movimentos utilizando-se ar comprimido como fonte de energia, utilizados principalmente na área industrial em várias aplicações, mesmo que sob condições adversas, já que os mesmos são flexíveis, robustos e resistentes a forças externas.

Dentre as diversas aplicações onde podem ser aplicados os atuadores pneumáticos, se destacam atividades onde os mesmos são utilizados para elevar, apertar, descer, impulsionar, arrastar, guiar, rotacionar, agarrar, unir, gravar, sustentar vedar, entre outras.

Para a realização das diversas atividades citadas, se torna necessária uma gama de diferentes tipos de atuadores de modo que, para determinada função, seja utilizado o tipo que melhor adaptável para a realização do trabalho.

Na gama de diferentes tipos de atuadores, encontramos modelos como: cilindros sem haste, para realização de movimentos lineares deslocando-se na extensão de seu próprio corpo ou cilindros com haste disponíveis em cilindros redondos, de perfil, compactos, cilindros com curso curtos, roscados, etc. Vale ressaltar que a construção desses componentes devem cumprir normas específicas de dimensões de modo que sejam padronizados e que atendam uma perfeita instalação como por exemplo em equipamento projetado já prevendo o seu uso num determinado posto para exercer uma determinada atividade.

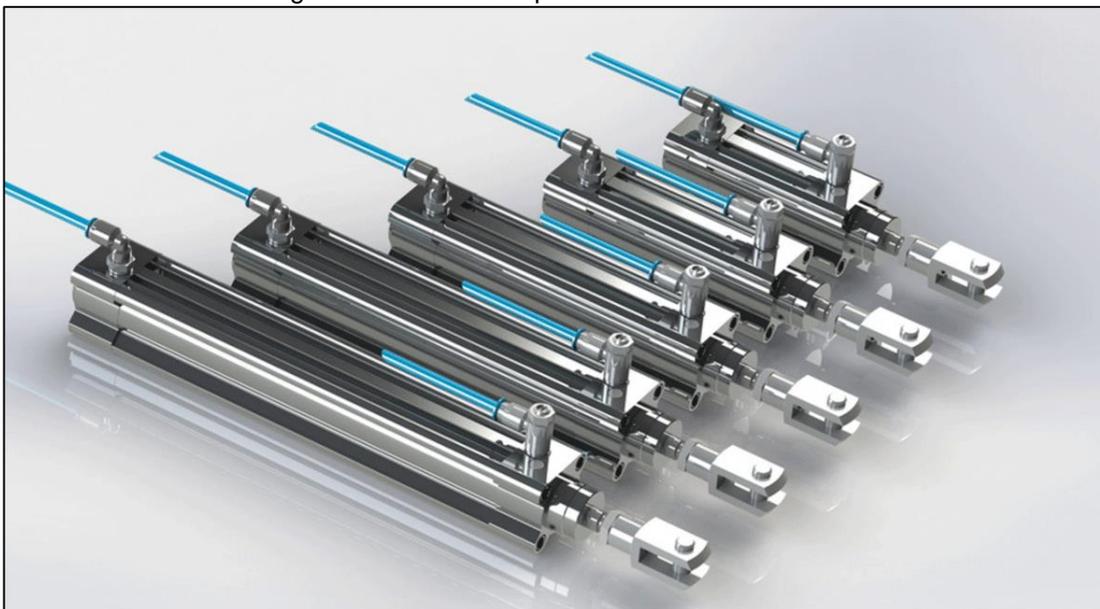
Nas aplicações onde é necessária maior força de propulsão que não se dispõe em cilindros comuns, usa-se os cilindros tandem, que consiste em dois cilindros conectados em série que consiste em duplicar sua força para ambas as direções.

Para as aplicações onde se necessita fixar ou prender as peças, se aplica os cilindros de fixação conhecidos como atuador grampo que também podem aplicar elevadas forças com baixo consumo de energia.

Os atuadores de diafragma e de foles possuem especiais características numa classe particular e são encontrados em aplicações que exigem amortecimentos.

Em movimentos de rotação contínua, normalmente aplicado em linha de montagem, pode ser utilizado as mesas rotativas pneumáticas que contém uma rotação com cursos variáveis com mesas possuindo divisões selecionáveis e permitem aplicações versáteis. A Figura 1.27, mostra um tipo de atuador pneumático largamente utilizado nas empresas.

Figura 1.27 – Atuador pneumático de eixo linear



Fonte: <https://www.pahcautomacao.com.br/o-que-e-um-cilindro-pneumatico/>, 2022.

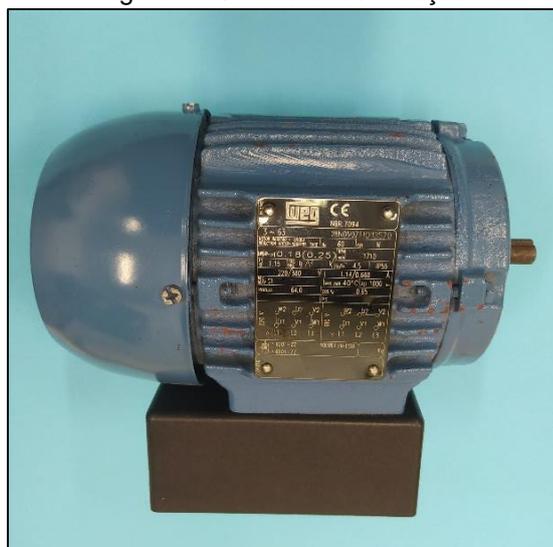
1.6 Motores elétricos (Mamede, 2007)

Com base no tipo de tensão de alimentação, os motores elétricos se dividem em dois grupos, sendo eles: motor alimentado por corrente contínua e motores alimentados por corrente alternada. Os motores basicamente são responsáveis por transformar a energia elétrica em energia mecânica utilizadas normalmente para a movimentação das partes móveis dos equipamentos onde são instalados.

Os motores alimentados por uma fonte de corrente alternada, em sua maioria são aplicados em áreas industriais, devido a sua simplicidade de construção, confiabilidade nos processos, bom custo-benefício em se tratando de aquisição, uso e manutenção. Dentre os motores alimentados por tensão alternada, temos os motores trifásicos. Estes, são alimentados por três fios cujo suas tensões estão defasadas em 120° e podem ser do tipo de indução ou síncrono.

Os motores de indução são construídos basicamente de dois elementos. Um dos elementos é o estator que possui uma estrutura fabricada em ferro fundido, alumínio ou aço, tendo em si fixado um núcleo de chapas magnéticas contendo também um enrolamento de material condutor isolado, disposto sobre o núcleo e ligados à rede de eletricidade. A figura 1.28, mostra um motor de indução.

Figura 1.28 – Motor de indução.



Fonte: Autoria própria.

Outro elemento que forma o motor é o rotor, que basicamente é formado por um eixo que realiza a transmissão da potência mecânica, um núcleo de chapas magnéticas posicionadas sobre o eixo e enrolamento contendo em sua composição material condutor.

Além dos principais componentes listados acima, o motor também possui um ventilador que remove o calor que se acumula na carcaça durante o funcionamento, tampas defletoras que possuem aberturas que facilitam a circulação de ar instaladas nas partes dianteira e traseira do motor, rolamentos onde são fixadas as extremidades do motor e uma caixa de ligação, local onde são dispostos os terminais de ligação do motor.

As correntes rotóricas, geradas de forma eletromagnéticas pelo estator que por sua vez é o único elemento ligado à linha de alimentação. Compara-se ao um secundário de um transformador de tensão o comportamento de um motor elétrico de indução relativo a seu rotor.

1.7 Servomotor (Festo, 2021)

O servomotor é um motor síncrono de ímã permanente de corrente alternada. O fabricante é a FESTO Automação e seu modelo é o EMMS-AS-140-S-HS-RM-S1, visualizando a descrição do motor o EMMS indica séries de motor AS sendo assim um motor assíncrono, 140 indica o tamanho do flange em milímetros, o S Short, o HS alta tensão padrão, o R indica resolver, o M indica encoder absoluto e S1 indica o grau de proteção.

O rotor é composto por ímãs permanentes, caracterizando a máquina como uma MSIP. Os ímãs podem ser considerados parte do entreferro uma vez que apresentam alta resistividade elétrica e permeabilidade magnética praticamente igual à do ar, implicando em uma pequena reatância síncrona. A figura 1.29, mostra um servomotor do modelo EMMS-AS.

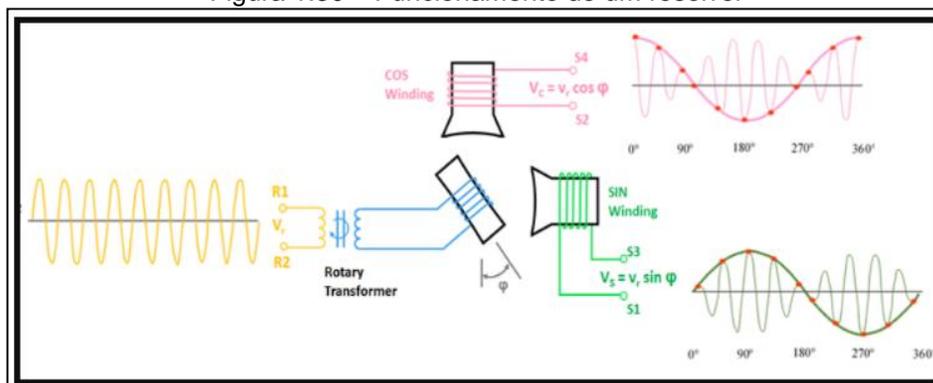
Figura 1.29 – Servomotor EMMS-AS.



Fonte: https://www.festo.com/cat/xdki/data/doc_ENGB/PDF/EN/EMMS-AS_EN.PDF

Os servomotores funcionam em conjunto com servo conversores, e estes necessitam de informações de posição e/ou velocidade, que podem ser estimadas ou medidas, para execução do controle. Em aplicações de precisão, impõe-se medição por meio de sensores, onde os principais são os encoders, taco geradores e resolver. O modelo de servomotor deste projeto trabalha com o terceiro tipo de sensor, o resolver. Este é composto por transformadores de alta frequência, entre 5 e 10kHz, onde o enrolamento primário está situado no rotor e existem dois enrolamentos secundários em quadratura no estator, como mostrado na Figura 1.30.

Figura 1.30 – Funcionamento de um resolver



Fonte: <https://mokka-sensors.com.br/2020/03/30/resolvers-e-suas-propriedades-mokka-sensors/>

Quando alimentado, um resolver em sua entrada com uma tensão alternada apropriada para seu funcionamento, sendo essa a única forma capaz de garantir que seus enrolamentos internos sejam capazes de operar. A saída é modulada em função dos enrolamentos seno e cosseno, fornecendo uma amplitude de onda condizente

com a tensão de alimentação. O zero elétrico por sua vez (EZ) é definido no ponto em que a tensão é mínima na saída seno e máxima na saída cosseno.

1.8 Sensores

Segundo Moraes et al. (2007), um sensor é um mecanismo que ao receber o estímulo de um sinal físico altera para um sinal elétrico. Tem como função monitorar diversas coisas, tais como: tipos de materiais metálicos e não metálicos, dentre outras.

1.8.1 Sensores de Proximidade Indutivo

Conforme Sense (2002), os sensores indutivos são equipamentos eletrônicos, que detectam a presença de peças metálicas de acordo com sua distância (que varia de acordo com o tamanho da bobina), uma de suas vantagens é a detecção sem a necessidade de contato físico entre o sensor e acionador, o que resulta na melhor duração e estendendo a vida útil do sensor, já que não ocorre o desgaste mecânico provocado por causa do fluxo de peças móveis. O sensor indutivo obtém uma boa utilidade como substituto para as chaves fim de curso há que ambos possuem finalidades semelhantes, ou como um complemento no auxílio do processo de verificação a fim de trazer mais confiabilidade para o processo.

1.8.2 Princípio de funcionamento dos sensores de proximidade Indutivo

De acordo com Sense (2002), a princípio seu funcionamento se dá ao gerar um campo eletromagnético de alta frequência, através de uma bobina ressonante presente na face sensora. A bobina é integrante de um circuito oscilador que no estado de desacionada, gera um sinal senoidal. Quando ocorre o acionamento por meio de um metal, há o efeito entre as correntes de superfície (Foucault), e absorção de energia pelo campo, abaixa a amplitude do sinal gerado no oscilador. Desta forma a variação é convertida em uma variação contínua por sua vez é comparada com um valor padrão definido e passará a atuar no estágio de saída.

1.8.3 Sensores Magnéticos (Silveira, 2018)

Esse tipo de sensor normalmente é utilizado para medir a direção e força do campo magnético além de medir o fluxo magnético. São diversas as finalidades de aplicação de tipo de sensor em campos como de navegação, científicas de medição e também industriais. Pode ser classificado por tipo ou tecnologia. Eles podem fornecer saídas bipolares deferindo em suas saídas sinais analógicos e também digitais.

Dentre os tipos de sensores magnéticos, destaca-se o magneto-resistivo que mede a resistência elétrica em função do ambiente. Os sensores bobina, funcionam atuando nas extremidades de uma haste medindo as diferenças em seu campo magnético.

Responsáveis pela conversão em sinal elétrico, a energia armazenada contida em um campo magnético, temos os sensores de Efeito Hall, ele desenvolve uma tensão entre as extremidades de um condutor onde as faces são perpendiculares a um campo magnético.

Os sensores magnéticos são os mais comuns e facilmente adaptáveis no monitoramento do posicionamento das hastes dos cilindros pneumáticos como é mostrado na Figura 1.31.

Figura 1.31 – Sensores magnéticos utilizados em atuadores pneumáticos



Fonte: <https://www.citisystems.com.br/sensor-magnetico/>, 2022.

2 METODOLOGIA

Severino (2007), destaca que a metodologia é o caminho a percorrer para o desenvolvimento de uma pesquisa e o trabalho monográfico caracteriza-se mais pela profundidade do tratamento do que por sua eventual extensão, generalidade ou valor didático.

A construção da redação do texto tem como base o Manual de Normatização de Projeto de Trabalho de Graduação da Fatec São Bernardo do Campo (2021), que se encontra ancorado nas normas da ABNT.

2.1 Tema-problema com justificativa e fluxograma

A visão de criar o projeto voltado para a Automatização de uma serra de bancada destinada a princípio para cortes de hastes usadas especificamente na montagem de atuadores pneumáticos, originou-se pelo fato de se obter maior confiabilidade e disponibilidade do equipamento impactando também no processo agilidade, praticidade e, sobretudo maior precisão nas medidas dos cortes de acordo com a demanda.

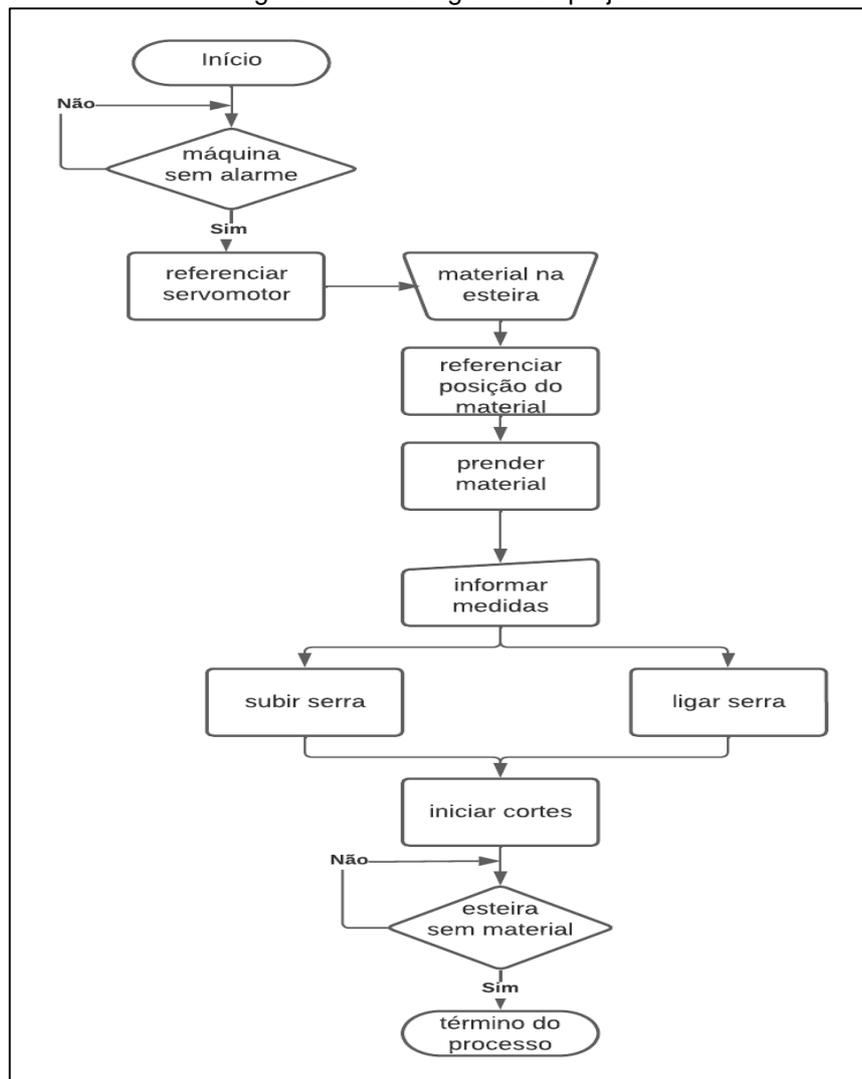
Busca-se também obter um processo dinâmico, inteligente e sobretudo confiável, considerando que o componente obtido nesse processo é matéria prima um produto final padronizado e normatizado inclusive nas suas dimensões.

Dessa forma, o projeto nomeado Automação de Serra para Cortes de Hastes tem como objetivo otimizar a ferramenta em questão de modo a proporcionar um processo dinâmico, inteligente reduzindo desperdício de tempo e matéria prima, melhorando o custo-benefício de fabricação, agregando valor à empresa a partir da obtenção de melhores resultados tornando-a mais competitiva no mercado.

Para a construção e desenvolvimento do projeto, faz-se o uso de motor elétrico de corrente alternada (CA), servomotor esteira, sensores magnéticos, atuadores pneumáticos, CLP, régua potenciométrica.

Após delimitados o tema-problema e a justificativa, é apresentado um fluxograma com a sequência do processo para melhor entendimento, conforme a Figura 2.1.

Figura 2.1 – Fluxograma do projeto



Fonte: Autoria própria, 2022.

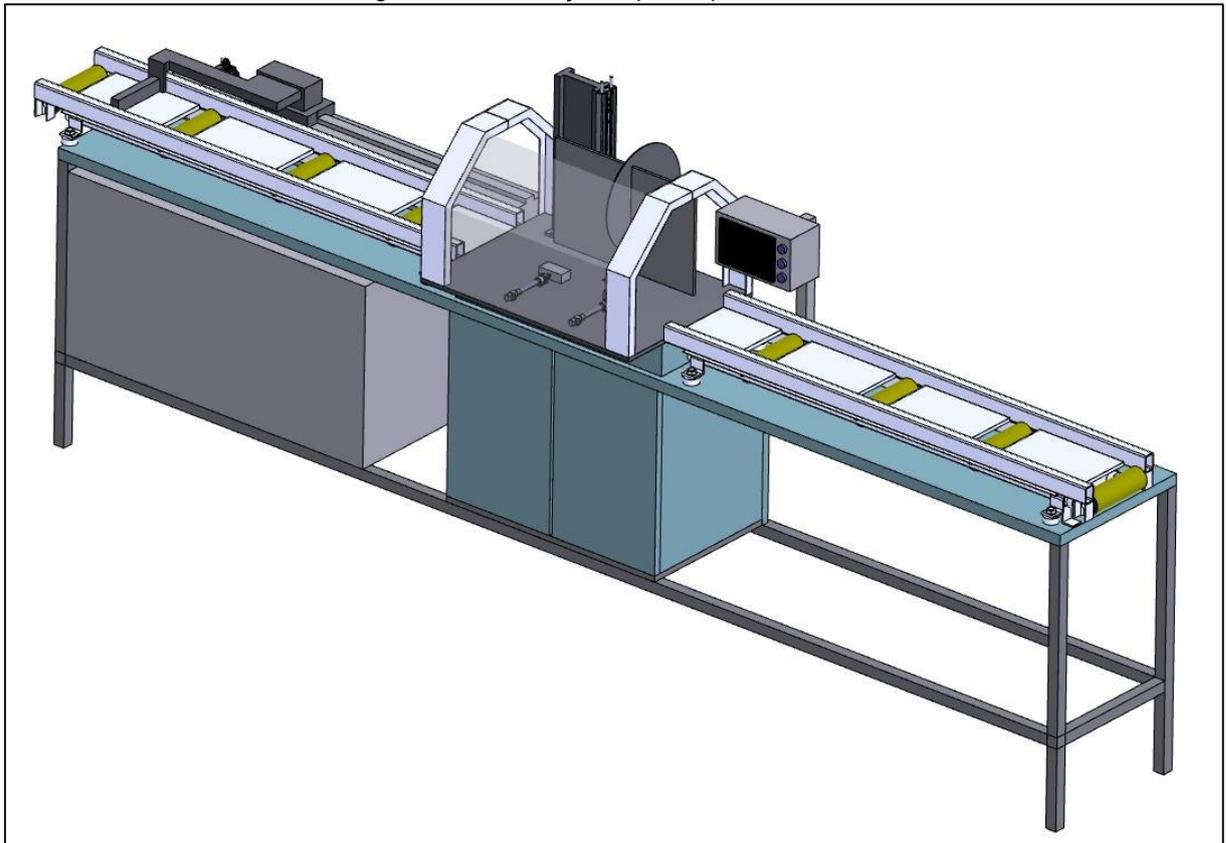
Sintetizando brevemente o fluxograma ilustrado na figura logo acima, indica que: Ao ligar a máquina, é verificado se a mesma não possui alarmes. Caso haja, é necessário solucionar os problemas pertinentes ao(s) alarme(s) antes de prosseguir. Não havendo alarme, o servomotor é referenciado e posicionado numa posição inicial.

Referenciado o servomotor, o equipamento já está apto à receber o material que por sua vez também será referenciado e logo após é preso na máquina. Nesse momento, o operador poderá informar as medidas desejadas para a s realizações dos cortes. Informadas as medidas, a serra que até então permanecia em sua posição de repouso é transportada até o material e realiza os cortes. Quando acaba o material, o processo se encerra.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo encontra-se os passos para o desenvolvimento e construção do projeto Automação de serra para cortes de hastes cujo o esboço esperado para exemplificar o protótipo finalizado é mostrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Esboço do protótipo finalizado.



Fonte: Autoria própria, 2023.

3.1 Planejamento e obtenção dos materiais

A primeira etapa do desenvolvimento do projeto dá-se pela elaboração da lista de componentes a ser usado. Percebeu-se que devido ao alto custo dos materiais, a viabilidade econômica para a realização do projeto poderia ser um grande obstáculo.

Com isso, é válido ressaltar a parceria feita com a empresa FESTO, que gentilmente cedeu os equipamentos necessários para a confecção do protótipo.

Após o levantamento dos materiais necessário para a realização do projeto, foi obtida a seguinte lista:

- Base de perfil de alumínio estruturado;
- CLP CPX FESTO;
- IHM CDPX FESTO;
- Servomotor MSH;
- Guia linear 60 cm;
- Atuadores pneumáticos lineares;
- Sensores indutivos FESTO;
- Régua Potenciométrica GEFRA;
- Fonte de Alimentação Sitop Siemens (24V-10A).

Para a programação e comunicação foi utilizado os seguintes softwares e protocolos:

- Code sys by Festo Versão 2.3;
- Designer Studio by Festo Versão 4.5;
- Festo Configuration Tool;
- TCP/IP e CAN.

3.2 Desenvolvimento da estrutura

Para a estrutura do equipamento, foi definido o uso de alumínio estruturado, devido à sua versatilidade para a construção no formato e tamanho ideais para o protótipo, além de ser um material bastante resistente. O material também ofereceu uma facilidade considerável na montagem da estrutura por ser bastante adaptável para esses fins.

Após a montagem da estrutura, foi fixada a ela uma chapa de ferro, servindo como base das morsas responsáveis por prender a o material a ser cortado na posição de corte. Foram definidos pontos de fixação para o servomotor e também para o motor elétrico com o disco de corte em seu eixo, responsáveis respectivamente pela movimentação da barra ao ponto desejado e a realização do corte. A Figura 3.2 mostra a estrutura do protótipo após montada.

Figura 3.2 – Estrutura de perfil do protótipo.



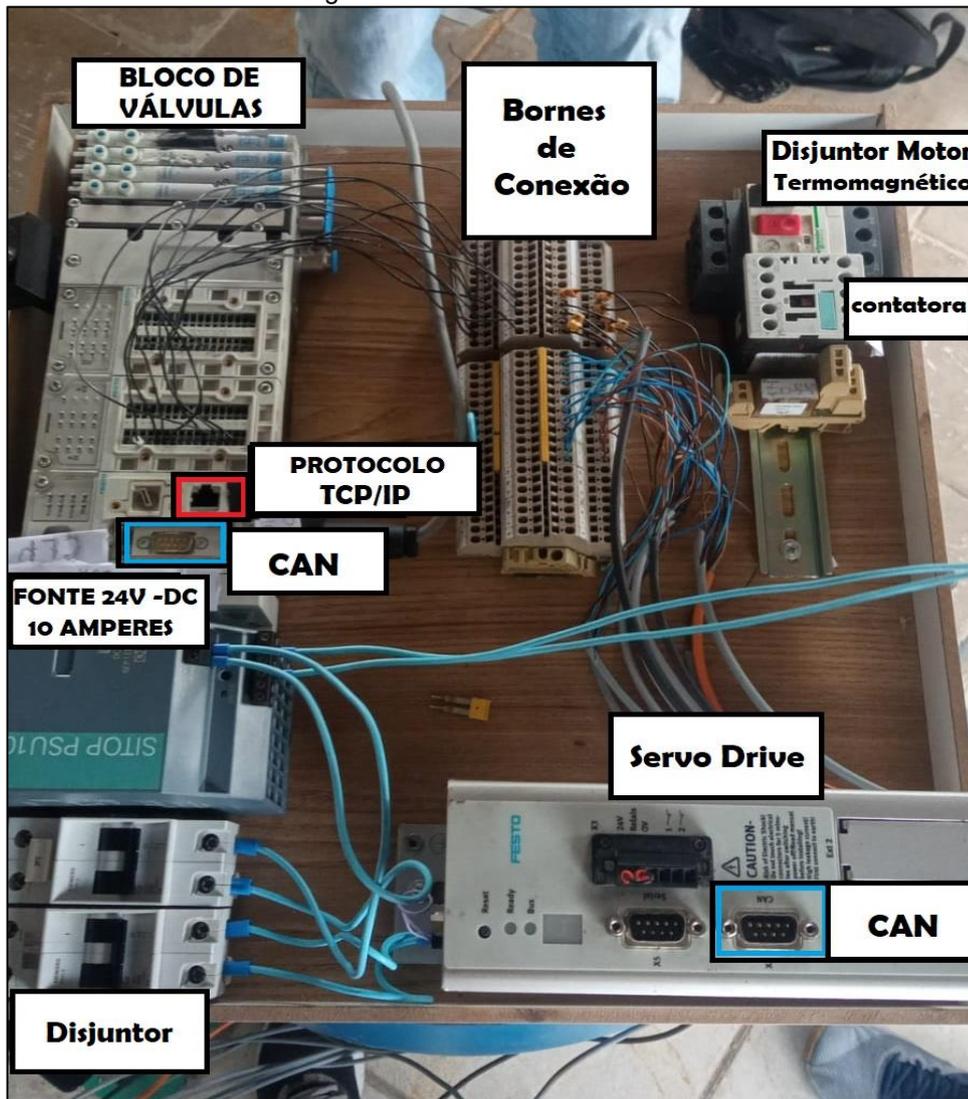
Fonte: Autoria própria, 2023.

Na sequência, foi iniciada a programação da IHM juntamente com o CLP. A programação do servomotor não foi necessária, uma vez que o mesmo possui biblioteca de programas já disponíveis. No apêndice C é possível visualizar a biblioteca utilizada e programação desenvolvida.

Por fim, a montagem e ligação do quadro elétrico, cujo os componentes foram alocados em uma estrutura de madeira. Estão disponíveis o diagrama elétrico no Apêndice A e Apêndice B o diagrama pneumático.

A Figura 3.3 mostra as ligações da estrutura interna do protótipo.

Figura 3.3 – Conexões internas.



Fonte: Aurtoria própria, 2023.

O painel que acomoda os componentes foi construído em madeira. Os itens nele contido são: Disjuntores que protegem os componentes contra curto-circuito e sobrecorrente; CLP, utilizado para a programação do funcionamento do equipamento; Servodriver, responsável por controlar a movimentação e posicionamento do servomotor; Fonte de alimentação de corrente contínua, com tensão de 24 volts, responsável pela alimentação elétrica do CLP, IHM e do servodriver; Contator, que libera a potência para acionar o motor da serra; Bloco de válvulas, de onde se obtêm entradas e saídas de ar comprimido que acionam os atuadores pneumáticos; Disjuntor termomagnético, utilizado para a proteção de sobrecorrente do motor da serra e por fim a régua de bornes utilizada como interface para interligação dos componentes.

3.3 Descrição de funcionamento

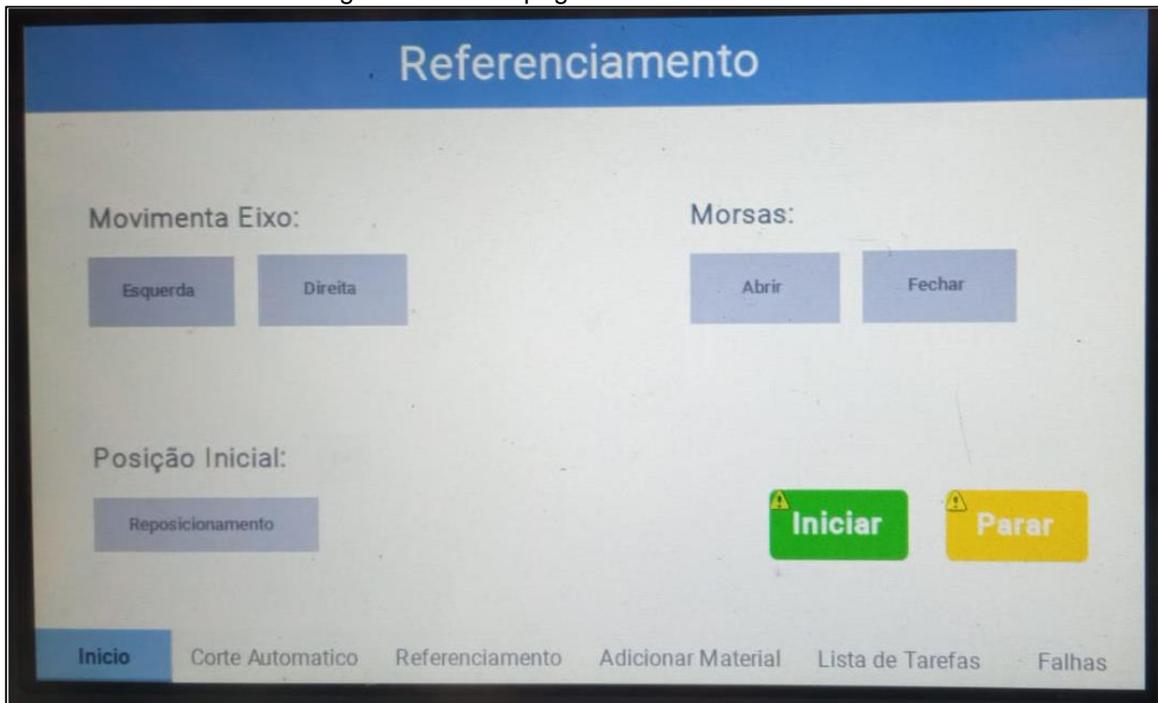
Ao ligar o equipamento, o servomotor, responsável por movimentar a haste ao ponto de corte, entra em processo de referência, buscando o seu ponto inicial de partida, previamente configurado de modo que o mesmo se localize e inicie sempre do mesmo ponto. Para que esse processo se ocorra, é posicionado um sensor de presença em um ponto determinado para que o servomotor se movimente em sua busca até que o encontre. Após encontrado o ponto de referência denominado também como “Ponto zero” ou “Home”, é mostrado na tela de uma IHM disposta, a mensagem “HOME OK”.

Após a mensagem sinalizando que o ponto de referência foi encontrado, o equipamento está liberado para receber o material a ser cortado. Nesse momento, o operador coloca sobre a bancada do equipamento, a barra de haste em um ponto determinado, onde ela será presa por um cilindro pneumático que tem a função de pinça, cujo acionamento é realizado através de um comando feito na IHM.

É necessário também que a barra da haste seja referenciada, de modo que seu início fique na mesma posição em que a serra atuará, dando condição para o processamento dos cálculos das medidas, para que em seguida sejam realizados os cortes.

O operador guiará a barra manualmente a um ponto determinado e dará um comando na tela denominado “Corte Referencia”. Nesse momento, a barra é fixada por um conjunto de cilindros pneumáticos com as respectivas funções de morsas horizontais e verticais, garantindo que a mesma não se movimente no momento do corte. Após a confirmado o fechamento das morsas, a serra é acionada e movimentada até a barra para a realização do corte, que referenciará o início do material a ser cortado. A Figura 3.4, mostra a página de referenciamento, usada na IHM do protótipo.

Figura 3.4 – IHM página de referenciamento.

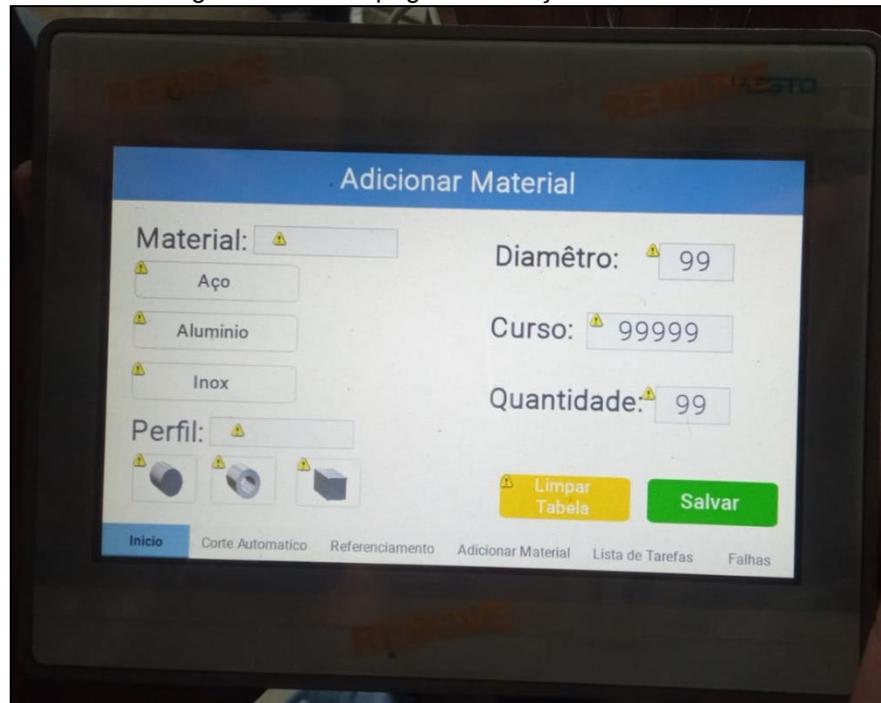


Fonte: Autoria própria, 2023.

A movimentação da serra é feita por um cilindro pneumático que atua como um elevador. Realizado o corte, a serra retorna para sua posição e assim que confirmado o seu retorno, a serra é desligada e as morsas de fixação liberam a barra. Nesse momento, o equipamento se encontra apto para receber as medidas e quantidades de hastes que serão cortadas.

A Figura 3.5, mostra a página das especificações do material que será usado.

Figura 3.5 – IHM página de Adição de Material.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Concluídas essas etapas, o operador só precisará colocar a receita na IHM, que contém como informações o diâmetro da barra de haste ali posicionada, quantidade de peças que serão cortadas com os seus devidos comprimentos. É dado o comando “Ciclo Start” no equipamento para que o processo ocorra automaticamente da seguinte maneira: o servomotor aciona, fazendo com que uma guia linear movimente e posicione a barra até o local onde se deseja realizar o corte, as morsas de fixação prendem a barra, a serra é acionada e avança até a barra, realiza o corte e retorna para sua posição. Esse ciclo se repete até que seja completado o pedido, a barra termine ou que o processo seja interrompido pelo operador.

Como os diâmetros das barras a serem cortadas variam, entendeu-se que a distância percorrida no curso de movimentação da serra em vários momentos seria desnecessária. Com isso, pensou-se num mecanismo para realizar tal curso de maneira otimizada de acordo com a necessidade. O dispositivo responsável por essa função é o transdutor linear de posição, conhecido também como régua potenciométrica. Sua função no equipamento será de monitorar o curso da serra até que se atinja a distância necessária para o corte da barra em todo o seu perímetro,

mandando um sinal ao CLP para que o mesmo interrompa o avanço da serra e a para a sua posição. Com isso, o processo tem um ganho de tempo e energia.

Para a demonstração do funcionamento do protótipo, serão utilizadas barras de cano PVC para simular o corte das hastes no processo produtivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho no qual se intitula como: Automatização de Serra para Cortes de Hastes, de uma serra automatizada que tem o intuito de eliminar falhas de medições nos cortes, diminuir o risco de acidentes no processo, uma vez que o operador não mais atuará diretamente nos cortes, aumentar a produtividade e por consequência melhorar o custo-benefício do produto final.

As referências pesquisadas foram de grande importância para o desenvolvimento, construção e concretização do projeto, dando suporte para os conhecimentos relacionados: configuração e programação de um CLP e IHM, funcionamento e instalação de sensores, comandos elétricos, conhecimentos básicos de mecânica, entre outros.

Na trajetória percorrida, foram encontradas algumas dificuldades desafiadoras, solucionadas por meio de pesquisas e ajuda dos docentes e amigos, dentre elas, valendo destacar as atividades que envolviam mecânicas.

O projeto agregou aos integrantes do grupo, complementos aos conhecimentos adquiridos no decorrer do curso, possibilitando a implementação no protótipo.

Acredita-se que, caso implementado, impactará no curto prazo ao processo como um todo em se tratando de qualidade, produtividade, sobretudo segurança, cujo temas são de grande relevância nas empresas e que contribuem para que as mesmas se mantenham competitivas no mercado.

Como dificuldade, destaca-se o custo dos materiais utilizados, valendo destacar e agradecer a parceria com a empresa FESTO que nos cedeu grande parte dos componentes, ressaltando ainda que sem esta parceria, não teríamos viabilidade econômica para a construção do protótipo.

Tendo em vista todo o desenvolvimento, conclui-se que o projeto foi finalizado com êxito, possibilitando aos integrantes novos conhecimentos diante de todos os obstáculos superados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-5410. 2004. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

BATISTA, C. D. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA SERRARIA ATRAVÉS DE ESTUDO DO TEMPO, RENDIMENTO E EFICIÊNCIA: ESTUDO DE CASO EM PIRAI-R.J.** 2006. 64 p. Dissertação (Graduação) - Instituto de Florestas da Universidade federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica: UFRRJ, 2006.

FAGUDES, H.A.V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul.** 2003. 173p. Dissertação (Mestrado) – PPGECC, UFRGS, 2003.

FESTO, **Atuadores Pneumáticos**. 2022. Disponível em: https://www.festo.com/br/pt/c/produtos/automacao-industrial/atuadores/atuadores-pneumaticos-id_pim135/?siteUid=fox_br&siteName=Festo+BR&fwacid=ee4b5e1271c88e9a&fwacid=86a2dd9cbc401a31&gclid=Cj0KCQiAgribBhDkARIsAASA5bu1xjPvupctlcprH637zqi4oHRTXxdqAivF-iyw0OnhKmDvAs2s7TwaAgQ3EALw_wcB. Acesso em: 12 nov. 2022.

FESTO, **Servo motors EMMS-AS**. 2010. Disponível em: https://www.festo.com/cat/xdki/data/doc_ENGB/PDF/EN/EMMS-AS_EN.PDF. Acesso em: 19 nov. 2022.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto Antônio Houaiss, 2001.

JIMENEZ, G. K. **ANÁLISE DOS CUSTOS PARA ADEQUAÇÃO DE SERRAS CIRCULARES EM MADEIREIRAS NO PARANÁ**. 2013. 47 p. Dissertação (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba: UTFPR, 2013.

JOHNSON, Roland. **TaunTon's Complete Illustrated guide to bandsaws**. Fine Wood Working. 138 ed. 208 p. 2012.

MAMEDE, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC EDITORA, 2007.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE PROJETO DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO – FATEC SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Material didático para utilização nos projetos de trabalho de graduação dos cursos de tecnologia em automação industrial e informática.** São Bernardo do Campo: Fatec, 2021.

MARCOS, Daniel Zancan, **Controladores Programáveis.** Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, CDU:681.5 - Controladores Programáveis. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2011. 54 p.

MATTEDE, H. **Serra copos tipos e como usar.** 2018a. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>. Acesso em: 6 out. 2022.

MATTEDE, H. **Qual é melhor, mini arco de serra ou arco de serra.** 2018b. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-copos-tipos-e-como-usar/>. Acesso em: 6 out. 2022.

MATTEDE, H. **Serra tico tico! Como escolher a lâmina correta.** 2018c. Disponível em: [https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-tico-tico-como-escolher-a-lamina-correta/#:~:text=É%20preciso%20analisar%20por%20exemplo,essa%20através%20de%20uma%20tabela](https://www.mundodaeletrica.com.br/serra-tico-tico-como-escolher-a-lamina-correta/#:~:text=É%20preciso%20analisar%20por%20exemplo,essa%20através%20de%20uma%20tabela.). Acesso em: 6 out. 2022.

MONTEIRO, T. C. **Balço energético do processamento mecânico de toras de Eucalyptus.** 2011. 69 p. Dissertação (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA, 2011.

MORAES et al. **Engenharia de Automação Industrial.** 2. ed. LTC Exatas Didatico, 2007.

MULLER, R. **Estudo do comportamento dinâmico da régua magnética.** 2011. 228 p. Dissertação (Doutorado) - escola de engenharia departamento de engenharia elétrica, Universidade federal do rio grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2011.

NEMA – NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Standardization Policies and Procedures of the National Electrical Manufacturers Association.** 2022. Disponível em: https://www.nema.org/docs/default-source/standards-document-library/2022-edition-of-spp.pdf?sfvrsn=8d12181d_5. Acesso em: 19 nov. 2022

NETO, M. **Automação Industrial Linguagem de programação do CLP**. 2018. 39 p. Disponível em: <https://miguelprofessor.files.wordpress.com/2018/08/5-linguagem-de-programac3a7c3a3o-do-clp.pdf>. Acesso em: 14 out. 2022.

PETRUZELLA, Frank. D. **Controladores Lógicos programáveis**. 4 ed. AMGH: Bookman. 2014.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007. <_366_30516.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.

SENSE, **Sensores Indutivos**. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.sense.com.br/diomas/pt_BR/arquivos/produtos/arq2/Indutivos.pdf&ved=2ahUKEwjx7PDC5LH7AhV9LrkGHWonAkYQFnoECF0QAQ&usq=AOvVaw1ldT_gpgsCtDpv_u_Fmt25. Acesso em: 12 nov. 2022.

SILVA, G. **PLC Controladores Lógicos Programáveis**. Curso Técnico de Eletromecânica, PLC Controladores Lógicos Programáveis, CEFET: RS, 2017. 31 p.

SILVEIRA, Cristiano. **Sensor Magnético**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-magnetico/>. Acesso em: 12 nov. 2022.

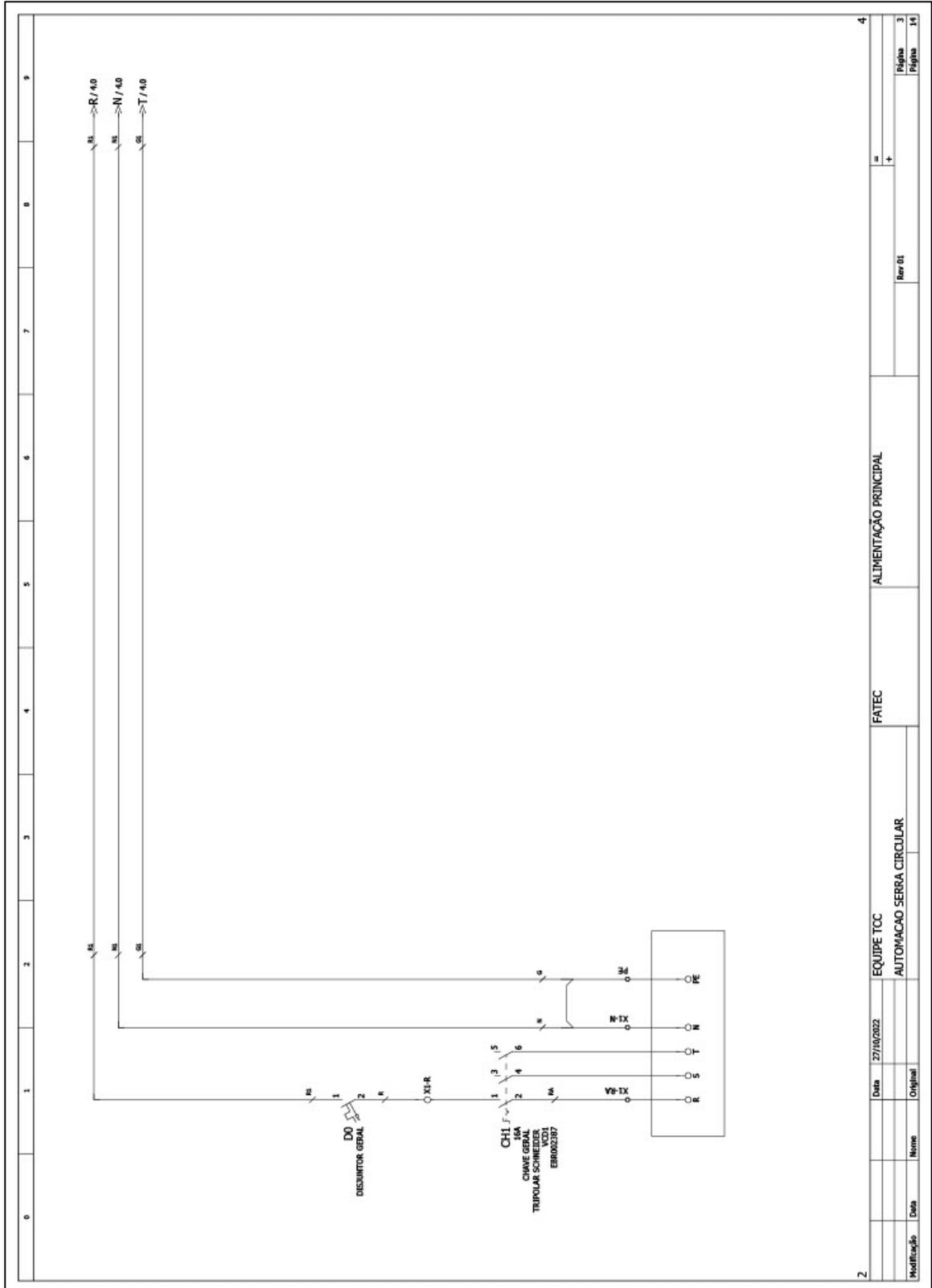
STEFANO. **Controlador Lógico Programável**, 2017. 25 p. Disponível em: http://www.joinville.ifsc.edu.br/~stefano/download/clp_stefanov1.pdf. Acesso em: 14 out. 2022.

TEIXEIRA, S. **Série Áreas Promissoras**. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/5531/1/carlosmartinsmoreira.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2013.

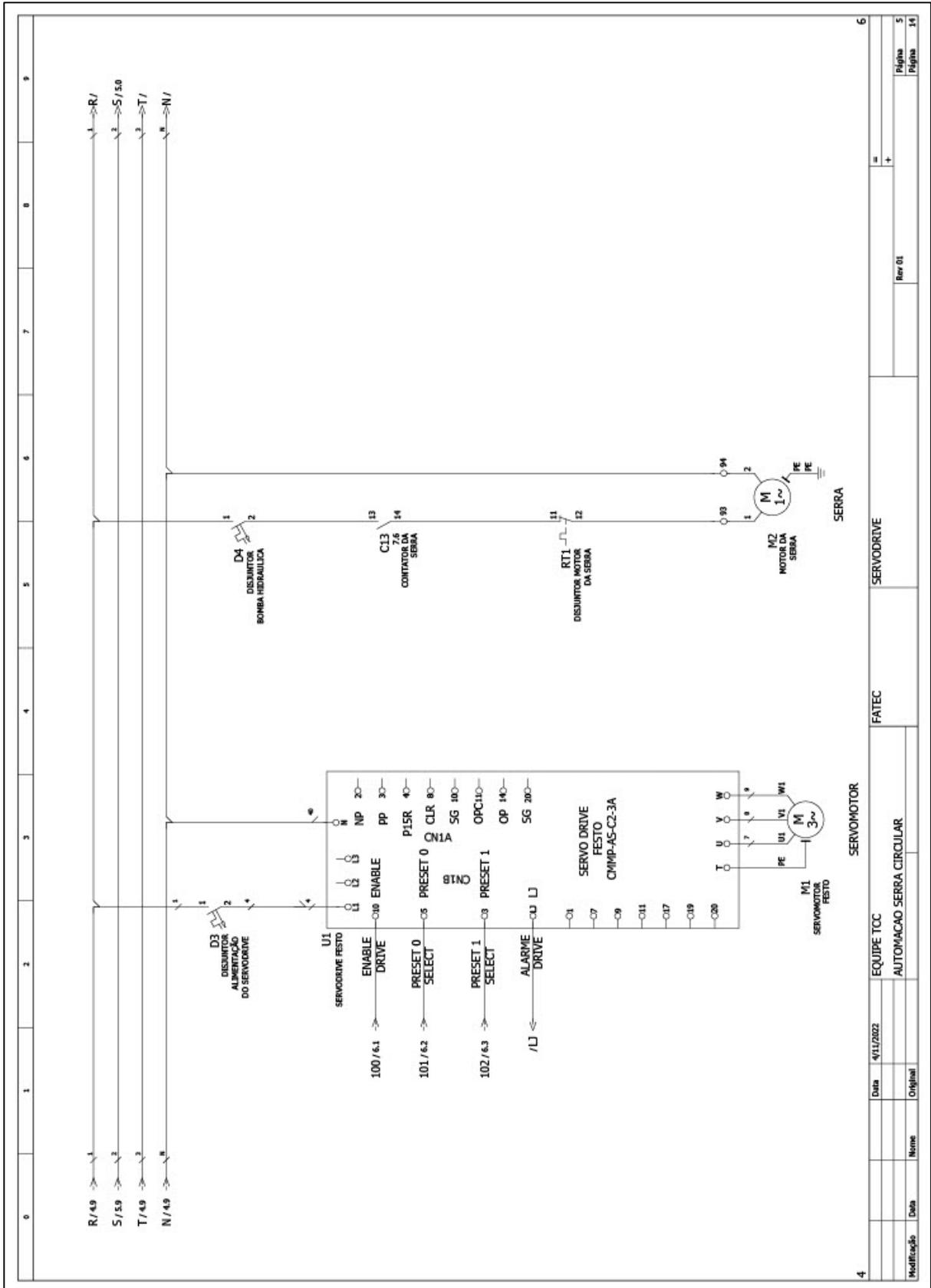
YUZO, M. K. **Influência de software de otimização de corte no rendimento de serraria da região sudoeste paulista**. 2011. 98 p. Dissertação (Graduação) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus Experimental de Itapeva, Itapeva: SP, 2011.

APÊNDICES

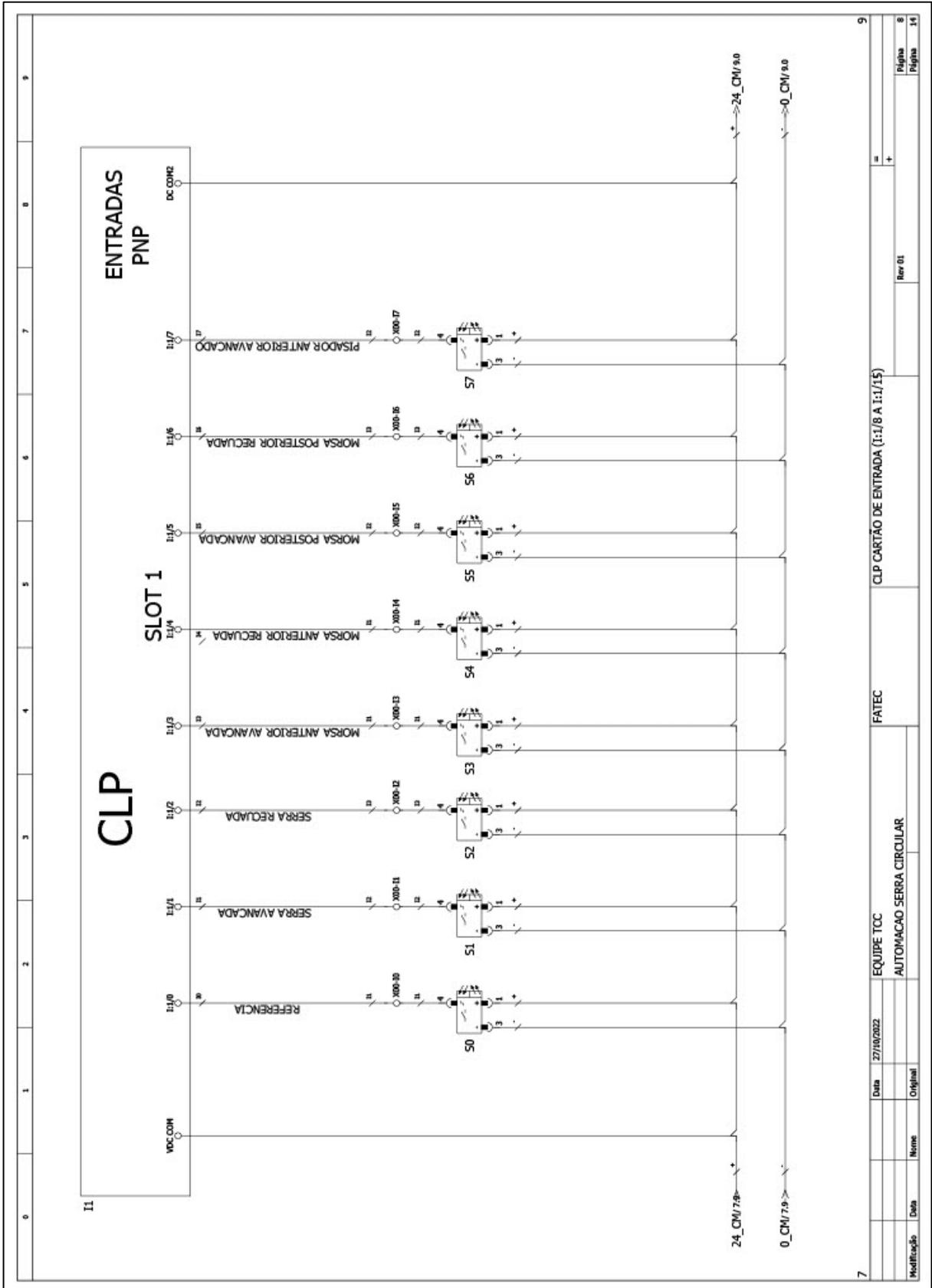
APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO



APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO

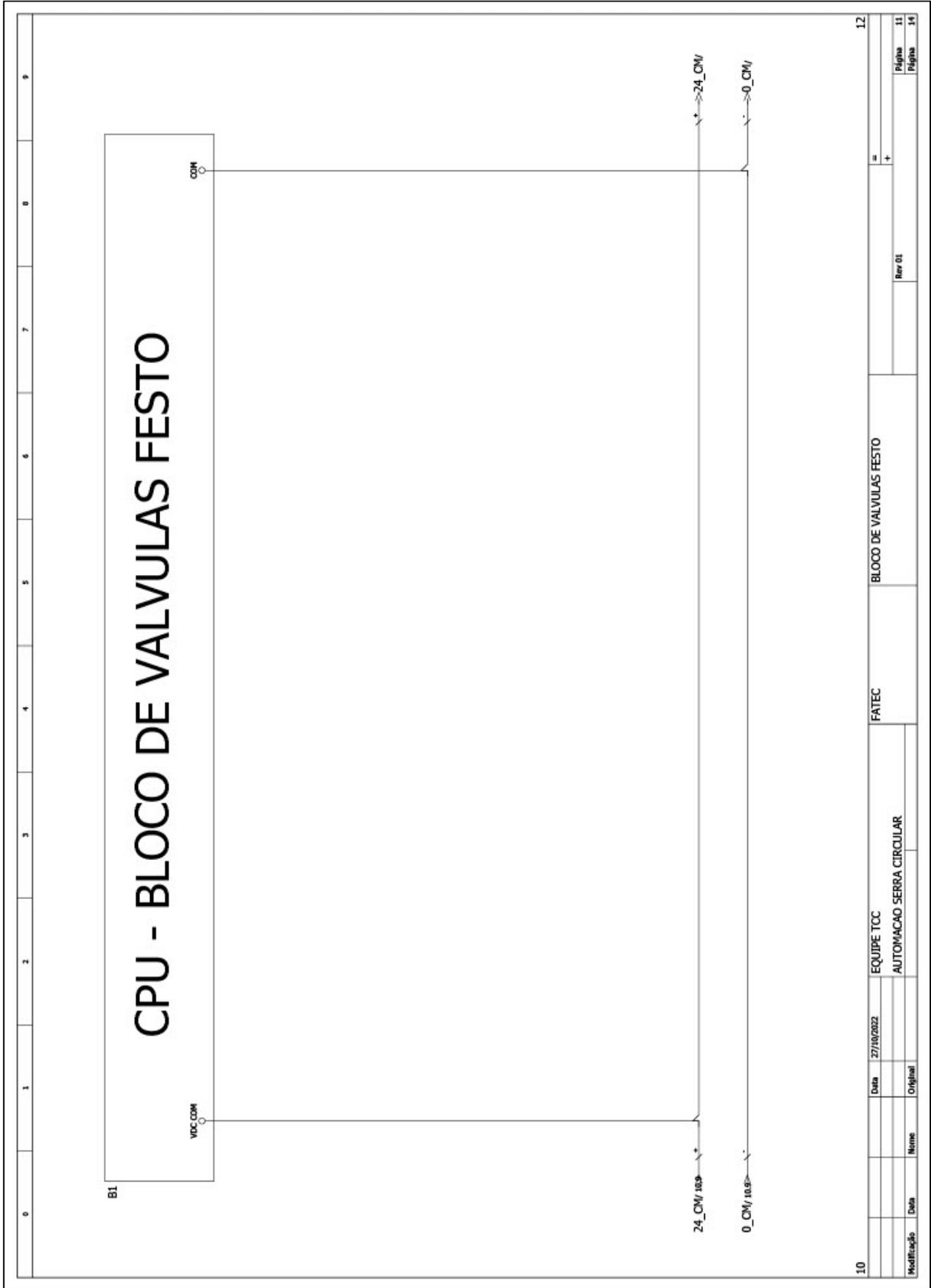


APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO

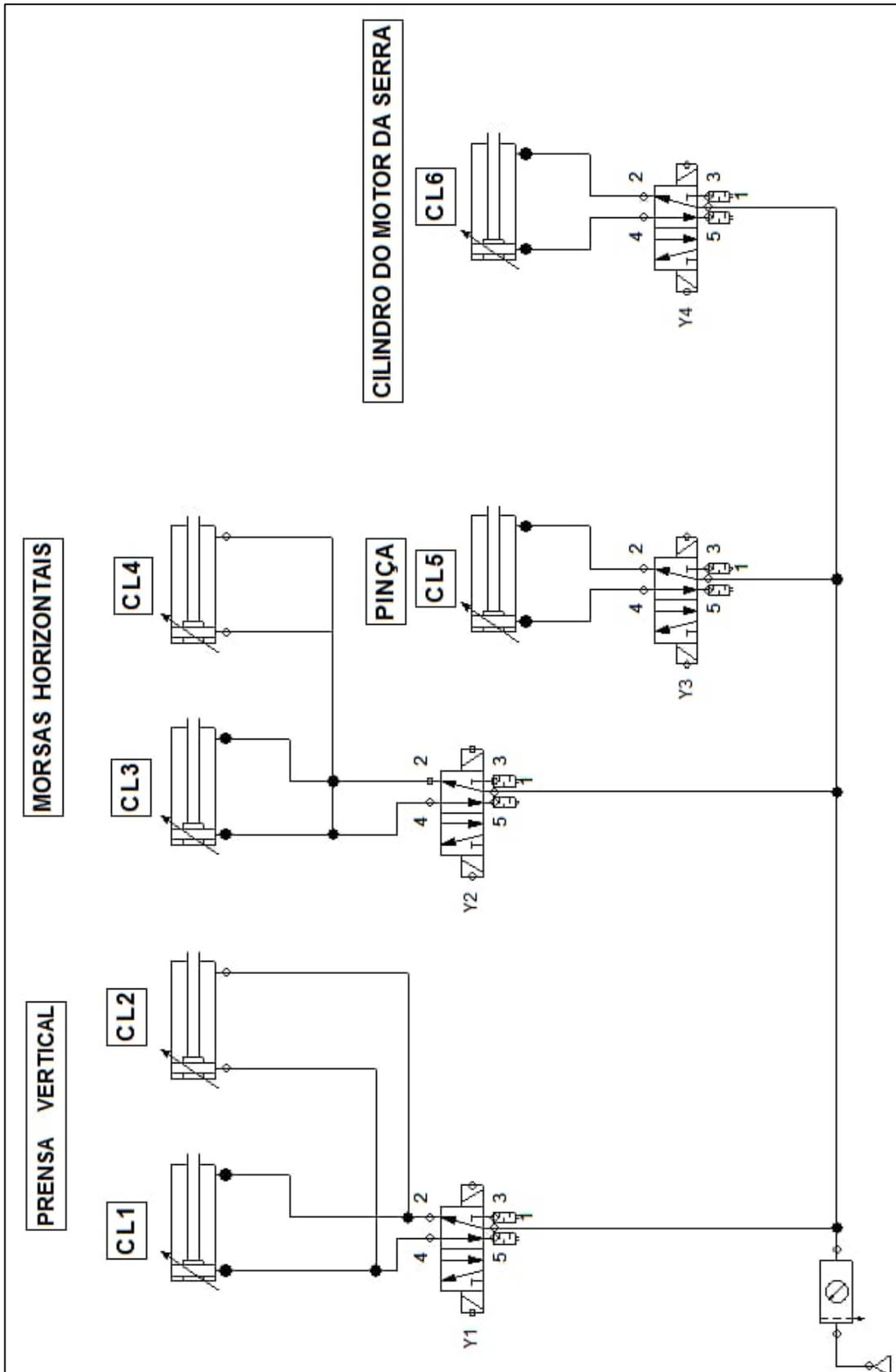


7		Data	27/10/2022	EQUIPE TCC	FATEC	CLP CARTÃO DE ENTRADA (1:1/8 A 1:1/15)	Rev 01	=	+
Modificação	Data	Nome	Original	AUTOMACAO SERRA CIRCULAR				-	-
								8	14
								Página	Página

APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO



APÊNDICE B – DIAGRAMA PNEUMÁTICO



APÊNDICE C – CODESYS

CoDeSys provided by Festo - Projeto.pro - [Global_Variables]

File Edit Project Insert Extras Online Window Help

Resources

- Global Variables
- Global_Servo
- Global_Variables
- Variable Configuration (VAR_CONFIG)
- library_35_CanDrv.lib 21.3.14.10:14:43: global variables
- library_35_CanOpenManager.lib 21.3.14.10:14:43: global variables
- library_35_CanOpenMaster.lib 7.4.14.11:14:12: global variables
- library_ics.lib 21.3.14.10:14:43: global variables
- library_SysLibTime.lib 21.3.14.10:14:43: global variables
- library_SysLibTime.lib 21.3.14.10:14:43: global variables
- library_Utl.lib 21.3.14.10:14:43: global variables
- Alarm configuration
- Library Manager
- Log
- PLC - Browser
- PLC Configuration
- Sampling Trace
- Target Settings
- Task configuration
- Watch and Recipe Manager
- Workspace

```

0001 VAR_GLOBAL
0002 (*ENTRADAS*)
0003 {
0004   Bt_Liga: BOOL;
0005   Bt_Desl: BOOL;
0006 }
0007 {Sensors}
0008 C1_Avancado: BOOL;
0009 C1_Recuado: BOOL;
0010 C2_Avancado: BOOL;
0011 C2_Recuado: BOOL;
0012 C3_Avancado: BOOL;
0013 C3_Recuado: BOOL;
0014 C4_Avancado: BOOL;
0015 C4_Recuado: BOOL;
0016 C5_Avancado: BOOL;
0017 C5_Recuado: BOOL;
0018 Porta_Alberta: BOOL;
0019 Esteira_Pos_Inicial: BOOL;
0020 Sensor_Ref: BOOL;
0021 }
0022 (*SAIDAS*)
0023 {
0024   Sinalizadores;
0025   Sinal_Lum: BOOL;
0026   Sinal_Son: BOOL;
0027 }
0028 {Cilindro 1 - Trava Horizontal Direita}
0029 C1_Avance: BOOL;
0030 C1_Recua: BOOL;
0031 }
0032 {Cilindro 2 - Trava Horizontal Esquerda}
0033 C2_Avance: BOOL;
0034 C2_Recua: BOOL;
0035 }
0036 {Cilindro 3 - Trava Vertical Direita}
0037 C3_Avance: BOOL;
0038 C3_Recua: BOOL;
0039 }
0040 {Cilindro 4 - Trava Vertical Esquerda}
0041 C4_Avance: BOOL;
0042 C4_Recua: BOOL;
0043 }
0044 {Cilindro 5 - Altura Serra}
0045 }

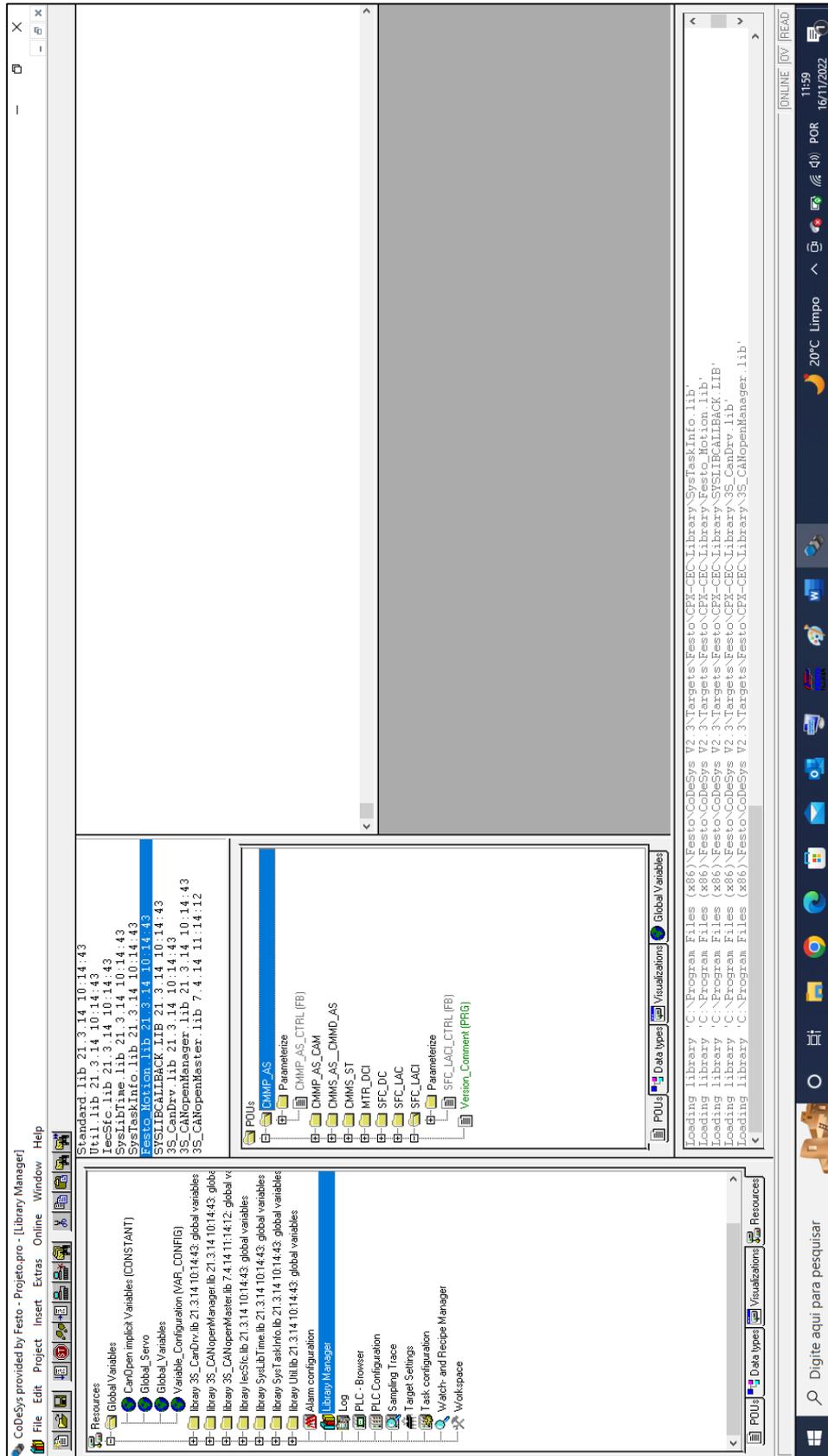
```

Loading Library 'C:\Program Files (x86)\Festo\CodeSys V2.3\Targets\Festo\CPX_CEC_Library\SysTaskInfo.lib'
Loading Library 'C:\Program Files (x86)\Festo\CodeSys V2.3\Targets\Festo\CPX_CEC_Library\SysTaskInfo.lib'

POU: Data Types Visualizations Resources

20°C Limpoo 11:59 16/11/2022

APÊNDICE C – CODESYS



APÊNDICE D – CODESYS

The screenshot displays the CODESYS environment with the following components:

- File Explorer (Left):** Shows a project tree with folders like 'CONFIGURAÇÃO DRIVES', 'ROTINAS', and 'Automatico (PRG)'. The 'Automatico (PRG)' folder is selected.
- Main Editor:** Contains a network of logic for 'PROGRAM Automatico'. The code includes:


```

      0001 PROGRAM Automatico
      0002 VAR
      0003 Falha: BOOL;
      0004 Step: INT;
      0005 Temp_Esteira_Ligada: TOM;
      0006 Contador_de_Barras: CTU;
      0007 Curso_Atual_Conv: INT;
      0008 Status_Movimento: BOOL;
      0009 Movimento_Completo: BOOL;
      0010 END_VAR
      0011
      0012 IF NOT Falha THEN
      0013 CASE (Step) OF
      0014 0: Fin_Corte := FALSE;
      0015 C1_Avanca := FALSE;
      0016 C1_Recua := FALSE;
      0017 C2_Avanca := FALSE;
      0018 C2_Recua := FALSE;
      0019 C3_Avanca := FALSE;
      0020 C3_Recua := FALSE;
      0021 C4_Avanca := FALSE;
      0022 C4_Recua := FALSE;
      0023 Motor1_Pos := FALSE;
      0024 Motor_Serra := FALSE;
      0025
      0026 Curso_Atual_Conv := (Tarefa_Atual_Curso) * 1000;
      0027 Movimento_Alimentador (Posicao_Final := Curso_Atual_Conv, Status_Movimento, Movimento_Completo := Movimento_Completo);
      0028 Step := 20;
      0029
      0030 IF Movimento_Completo THEN
      0031 Motor1_Pos := FALSE;
      0032 C1_Avanca := TRUE;
      0033 C1_Recua := FALSE;
      0034 C2_Avanca := TRUE;
      0035 C2_Recua := FALSE;
      0036 Step := 40;
      0037 END_IF
      0038
      0039
      
```
- Task Manager (Right):** Lists various system tasks such as 'Loading Library', 'C:\Program Files (x86)\Festo\CobSys V2_3\Targets\Festo_CFX_CEC_Library\SysTaskInfo.lib', and 'C:\Program Files (x86)\Festo\CobSys V2_3\Targets\Festo_CFX_CEC_Library\SysTaskInfo.lib'.
- System Tray (Bottom Right):** Shows system status including '20°C Limpoo', '11:58', and '16/11/2022'.