

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

RAFAEL DE SOUZA MARTINS

AUTOMAÇÃO DE UMA DOBRADEIRA DE TUBOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2016

RAFAEL DE SOUZA MARTINS

AUTOMAÇÃO DE UMA DOBRADEIRA DE TUBOS

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

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA
2016

RAFAEL DE SOUZA MARTINS

AUTOMAÇÃO DE UMA DOBRADEIRA DE TUBOS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 29 de junho de 2016, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

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

M. Sc. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ubiradir Mendes Pinto
UTFPR

Prof. M. Sc. Gilmar Lunardon
UTFPR

Prof. Dr. Valmir de Oliveira
Orientador - UTFPR

RESUMO

DE SOUZA MARTINS, Rafael. **Automação de uma dobradeira de tubos**. 2016.42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Automação é a substituição do trabalho humano ou animal por máquina. O que significa ter um mecanismo de atuação própria, que faça uma ação requerida em tempo determinado ou em resposta a certas condições. (RIBEIRO, 2001)

Através desse trabalho será demonstrado como foi feita a automatização de um dispositivo, utilizando conteúdos relacionados ao curso de Tecnologia Mecatrônica Industrial. Para isso foram necessários a elaboração de projeto elétrico, projeto pneumático, configurações de servomotores, programação de CLP, criação de telas para IHM, programação de um controlador de segurança e a configuração de scanner para segurança. Automação essa que se mostrou robusta e flexível, proporcionando que o dispositivo execute os movimentos necessários e atendendo a produtividade esperada.

Palavras chave: Automatização. Configuração. Dispositivo.

ABSTRACT

DE SOUZA MARTINS, Rafael. **Automation of a bending tubes**. 2016. 42f. Work Completion of course (Superior Technology Course in Mechatronics Industrial), Academic Departments of Electronics and Mechanical Engineering, Technological University Federal of Parana. Curitiba, 2016.

Automation is the replacement of human or animal by machine work. What does it mean to have an own mechanism of action, which makes an action required at any given time or in response to certain conditions. (RIBEIRO, 2001)

Through this work it will be shown as the automation of a device was made using content related to the Industrial Mechatronics Technology course. For it took the development of electrical design, tire design, servomotors settings, PLC programming, creating screens for HMI, programming a safety controller and the scanner configuration for security. Automation that which proved robust and flexible, providing the device to perform the necessary movements and given the expected productivity.

Keywords:Automation. Configuration. Device.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Rotor tipo gaiola.....	10
Figura 2 - Motor imã permanente.....	10
Figura 3 - Controlador de eixos.....	11
Figura 4 - Pirâmide da automação.....	12
Figura 5 - Sistema de acionamento pneumático.....	13
Figura 6 - Sistema de tratamento de ar.....	14
Figura 7 - Atuador pneumático.....	14
Figura 8 - Válvulas pneumáticas.....	15
Figura 9 - Guia de seleção para categorias de segurança.....	16
Figura 10- Principais componentes “mesa de alimentação”.....	17
Figura 11- Principais componentes “painel elétrico”.....	17
Figura 12 - Principais componentes “carro”.....	18
Figura 13- Principais componentes “mordentes”.....	18
Figura 14 - Principais componentes “mesa”.....	19
Figura 15 - Principais componentes “conjunto superior”.....	19
Figura 16 - Principais componentes “conjunto inferior”.....	20
Figura 17- Sequência de movimentos “preparação tubos”.....	20
Figura 18- Sequência de movimentos “posicionamento tubos”.....	21
Figura 19- Sequência de movimentos “acionamento”.....	21
Figura 20- Sequência de movimentos “fixação mordente nº1”.....	22
Figura 21- Sequência de movimentos “reco batente”.....	22
Figura 22 - Sequência de movimentos “entrega para mordente nº2”.....	23
Figura 23- Sequência de movimentos “entrega para mordente nº3”.....	23
Figura 24- Sequência de movimentos “intercalamento mordentes”.....	24
Figura 25- Sequência de movimentos “realização dobra”.....	24
Figura 26- movimentos de dobra “Aguarda entrada de tubos”.....	25
Figura 27- movimentos de dobra “abaixa aba”.....	25
Figura 28- movimentos de dobra “giro garras”.....	26
Figura 29- movimentos de dobra “rotação conjunto”.....	26
Figura 30- movimentos de dobra “retorno conjunto”.....	27
Figura 31- movimentos de dobra “dobras realizadas”.....	27
Figura 32- Implementação.....	28
Figura 33- Rede.....	29
Figura 34- Alimentação força.....	30
Figura 35- Segurança da máquina.....	31
Figura 36- Software Motionworks - Sub-rotinas.....	32
Figura 37- Software Motionworks - Hardware Configurations.....	36
Figura 38- Software Motionworks - Parâmetros.....	36
Figura 39- Software SICK CDS - Resolução.....	37
Figura 40- Software SICK CDS - Aplicação.....	37
Figura 41- Diagrama X525-2 - Entradas e saídas.....	38
Figura 42- Software Banner XS26 - Lógica de Segurança.....	38
Figura 43- IHM Dakol - Tela de configuração de modelos.....	39
Figura 44- IHM Dakol - Tela menu principal.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	AUTOMAÇÃO DOBRADEIRA DE TUBOS.....	7
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	7
1.3	PROBLEMA.....	7
1.4	OBJETIVOS.....	8
1.4.1	Objetivos Gerais.....	8
1.4.2	Objetivos Específicos.....	8
1.5	JUSTIFICATIVA.....	8
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	SERVOMOTORES.....	9
2.2	CONTROLADORES DE EIXOS.....	10
2.3	REDES.....	12
2.4	SENSORES.....	12
2.5	HIDRÁULICA.....	13
2.6	PNEUMÁTICA.....	13
2.6.1	Tratamento de Ar.....	14
2.6.2	Atuadores Pneumáticos.....	14
2.6.3	Válvulas Pneumáticas.....	15
2.7	SEGURANÇA.....	15
3	DESENVOLVIMENTO	17
3.1	PRINCIPAIS COMPONENTES.....	17
3.2	SEQUÊNCIA DE MOVIMENTOS ALIMENTAÇÃO.....	20
3.3	SEQUÊNCIA DE MOVIMENTOS DOBRAS.....	25
3.4	IMPLEMENTAÇÃO.....	28
3.5	REDE.....	29
3.6	ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA.....	30
3.7	SEGURANÇA DA MÁQUINA.....	31
3.8	SOFTWARES.....	32
3.8.1	PLC.....	32
3.8.1.1	Grafset do Alimentador.....	33
3.8.1.2	Grafset Dobra.....	35
3.8.2	Servo Motores.....	36
3.8.3	Scanner.....	37
3.8.4	Controlador de Segurança.....	38
3.8.5	IHM.....	39
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
5	CONCLUSÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS.....	42

APÊNDICE I – FOTOS

APÊNDICE II – SOFTWARE PLC ALIMENTADOR

APÊNDICE III – SOFTWARE PLC DOBRAS

1 INTRODUÇÃO

Quando falamos de automação, estamos nos referindo ao processo de instalar controles automáticos em um equipamento, uma máquina ou um processo. (CAMARGO, 2014)

A automação proporciona muitas vantagens competitivas, no que diz respeito à globalização onde à necessidade de produção cada vez maior em um menor tempo. Apesar dos investimentos para que sejam automatizadas não serem baixos, os mesmos são recuperados em um curto período, devido ao fato de que a automação proporcionar uma produção eficiente, com qualidade, baixo desperdício e a diminuição de custos tributários e trabalhistas incidentes sobre a mão de obra convencional. A competitividade entre as empresas e o mercado cada vez mais acirrado fez com que a automação se tornasse fundamental, e em muitas vezes indispensável.

1.1 AUTOMAÇÃO DA DOBRADEIRA DE TUBOS

A automação da dobradeira foi feita, tomando como base conceitos técnicos de elétrica, eletrônica e de programação. Esses conceitos estão aliados às normas regulamentadoras da parte elétrica que seria a NR10, de padronização de programação a IEC 61131-3 e sobre componentes eletrônicos a DIN 61709.

1.2 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Apesar dos componentes eletrônicos utilizados neste trabalho poderem ser utilizados em outros dispositivos, este estudo ficará restrito à automação de uma máquina dedicada à um determinado tipo de aplicação que é a dobra de tubos.

1.3 PROBLEMA

O dispositivo será fabricado para uma empresa que tem a necessidade de produzir ao invés de terceirizar a dobra de tubos de alumínio. Atualmente esse processo é realizado pela empresa terceira de forma manual, através de operadores que conformam os tubos em bancadas.

Esse dispositivo será capaz de reduzir os gastos com terceiros e obter uma economia e lucratividade acima de 50% em relação ao gasto na fabricação terceirizada.

Entretanto para que isso ocorra, a automação do dispositivo deve ser eficiente e robusta, possibilitando que todas as expectativas e exigências mínimas de desempenho sejam atendidas.

1.4 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver e implantar um sistema automatizado, que através da integração adequada entre sensores, controladores e drivers promovera a movimentação adequada do dispositivo.

1.4.1 Objetivos Gerais

Automatizar o dispositivo de maneira que ele seja capaz de dobrar a quantidade de tubos no tempo ideal para atender a linha de produção.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar quais os movimentos que o dispositivo executará.
- Escolher os equipamentos necessários para automatizar o dispositivo.
- Projetar o sistema elétrico.
- Projetar o sistema pneumático.
- Programar *servodrivers*.
- Programar controladores lógicos.
- Programar uma interface com o operador, (IHM).

1.5 JUSTIFICATIVA

Esta aplicação tem relevante importância nos estudos da área de automação uma vez que aplica conceitos diretamente ligados aos temas abordados na formação do profissional. Dessa forma proporcionando ao formando a consolidação dos conhecimentos adquiridos. De maneira igual, é mensurado o nível de eficácia do curso de Mecatrônica industrial, demonstrando que está capacitando profissionais a superar todo e qualquer desafio na área profissional.

Atualmente o grande avanço tecnológico nas Áreas de Automação e Robótica, tem feito com que dentro das empresas os departamentos responsáveis por essas áreas sejam vistos com extrema importância para o funcionamento, aceitação e credibilidade das empresas no mercado de trabalho.

O desenvolvimento desse projeto irá proporcionar aplicar muitos dos conceitos adquiridos como; Controladores Programáveis, Redes Industriais, Acionamentos Industriais, Eletricidade Industrial, Pneumática, Sistemas Supervisórios, e Custos Industriais.

O dispositivo de dobra semiautomática irá proporcionar que a empresa reduza custos com transporte e terceirização melhorando o processo na produção de serpentinas para refrigeradores.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método utilizado baseia-se nas análises técnicas dos movimentos determinados e de quais componentes necessários para executá-los. Assim como dimensionar elétrica e eletronicamente as características técnicas desses componentes.

Após esse primeiro momento, é desenvolvido o projeto elétrico e pneumático proporcionado que seja gerada uma relação de materiais. Os tamanhos dos painéis e a posição dos mesmos são definidos em função do layout fornecido pelo cliente. Isso é fundamental para que sejam dimensionados os tamanhos dos cabos e eletrocalhas necessárias.

A partir disso é gerado um fluxograma que permite o esclarecimento estrutural dos movimentos a serem executados, para que posteriormente seja inserido na forma lógica para dentro dos controladores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que ocorra a automação do dispositivo de dobra de tubos de alumínio será necessário compreender o funcionamento dos servomotores; de controlador de eixos; a lógica de programação dos controladores lógicos programáveis; a comunicação de dispositivos em redes Ethernet-IP; o funcionamento e tipos de sensores; sistemas hidráulicos; sistemas Pneumáticos; bem como, de segurança de acordo com a NR12. Assuntos que serão tratados no decorrer deste capítulo.

2.1 SERVOMOTORES

Os servomotores são utilizados em grande escala na indústria. Transportadores, manipuladores e robôs são apenas alguns do grande número de possibilidades de aplicações que se fazem com ele. Esses servos motores são classificados em alguns modelos;

- Servomotores: AC Síncrono.
- Servomotores: AC Assíncrono.
- Servomotores: DC

A diferença física entre os servomotores é a sua construção interna, que lhes proporciona mais ou menos eficiência de acordo em qual local ocorre a aplicação.

A Figura 1 mostra um rotor de motor assíncronos em formato de “gaiola de esquilo”

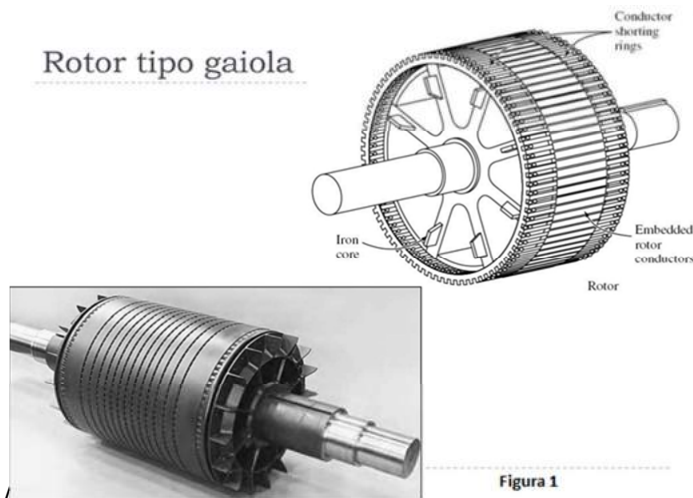


Figura 1 - Imagem Rotor tipo gaiola.

Fonte: Livro construção dos motores de indução

A Figura 2 mostra um motor síncrono de ímã permanente.



Figura 2 - Imagem de um motor de ímã permanente

Fonte: <http://blog.toyota.nl/>

Os servomotores DC também são de ímã permanente, mas com distribuição trapezoidal do fluxo de entreferro. Comumente chamado de (Brushless DC).

Entretanto não é apenas de motor que é necessário para que o servomotor funcione. É necessário um servoconversor para os sinais de ocorra o controle desses motores. Aliado a um encoder ou resolver os servoconversores podem controlar não apenas a velocidade do motor, mas também a posição e torque do mesmo. Isso faz do servomotor uma ferramenta de alta precisão.

2.2 CONTROLADOR DE EIXOS

Os controladores de eixos, também conhecidos por controladores de máquinas possibilitam utilizar lógica de controle, movimento e posição. Capazes de receber sinais de entradas e saídas possibilitam a automação de um dispositivo. A presença de rede de comunicação é um fator essencial para o controlador, pois permite que se comunique não somente com os drivers dos motores, mas também aos periféricos se necessário.

O controlador permite a aplicação dos mais diversos tipos, como por exemplo;

- *Rotuladeiras
- *Máquinas de corte
- *Máquinas gráficas
- *Máquinas de desbobinamento
- *Alimentadores
- *Esteiras sincronizadas

O ciclo de operação depende da velocidade do processador e dos tempos de leitura e escrita nas portas. Mas em geral esse tempo, fica entre 1µseg ~ 1mseg.

A linguagem de programação de um controlador de eixos pode ser feita de acordo com a Norma IEC 1131-3 e se dividem em;

* Linguagens Gráficas

- Diagramas de Funções Sequenciais (*SequentialFunction Chart – SFC*)
- Equivalente ao Grafcet
- Diagramas de Contatos (*LadderDiagram – LD*)
- Diagramas de Blocos de Funções (*FunctionBlockDiagram – FBD*)

* Linguagens Textuais

- Lista de Instruções (*InstructionList – IL*)
- Texto Estruturado (*StructuredText – ST*)

A Figura 3 mostra um controlador de eixos.



Figura 3 - Imagem de um Controlador de eixos
Fonte:Manual controlador MP2000

2.3 REDES

As redes de comunicação por sinais elétricos foram introduzidas em ambientes industriais a partir de da década de 1960 e permitiu a substituição de grande quantidade de tubos utilizados para a transmissão pneumática. Isso contribuiu para:

- Reduzir os custos de instalação;
- Reduzir o tempo de transmissão dos

Com o aumento da complexidade dos sistemas automatizados, foram propostos diferentes protocolos (padrões) de comunicação para redes industriais.

O modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) foi definido com o objetivo de padronizar o modo de conexão de redes de dados, possibilitando a interconexão entre redes de diferentes padrões e protocolos. (CASTRUCCI, 2007).

A Figura 4 mostra a pirâmide da automação que nos ajuda a identificar alguns desses protocolos e o nível de aplicação de cada um deles.

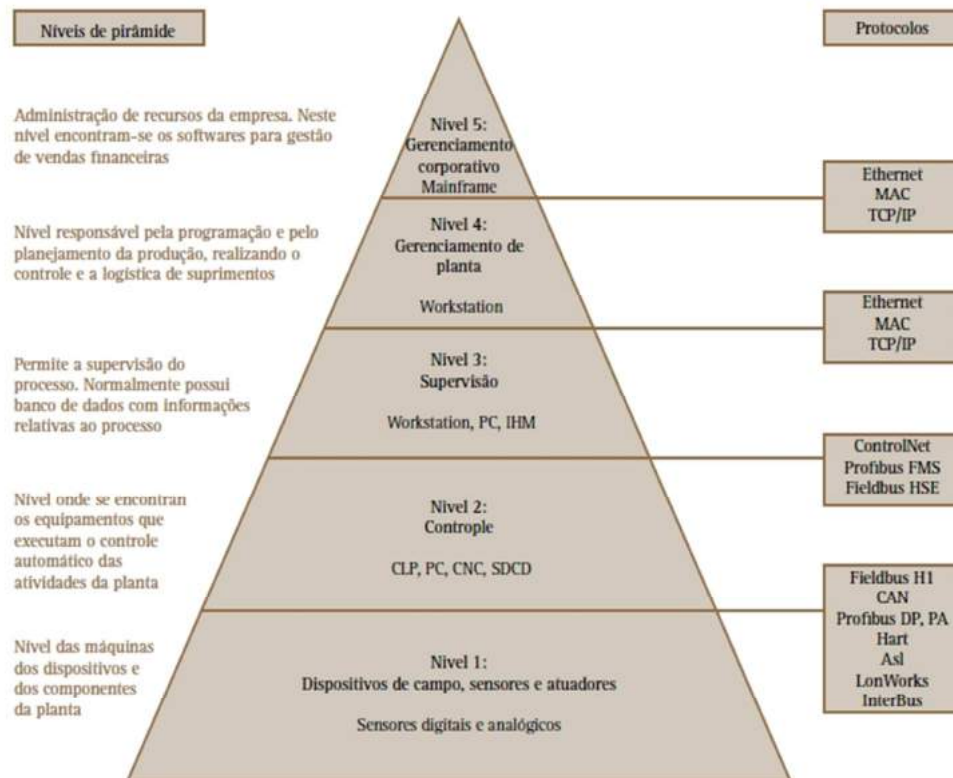


Figura 4 - Imagem Pirâmide da Automação

Fonte: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/343-xxxx.html>

2.4 SENSORES

Literalmente, podemos definir a palavra sensor como “aquilo que sente”. Na eletrônica, um sensor é conhecido como qualquer componente ou circuito eletrônico que permita a análise de uma determinada condição do ambiente, podendo ela ser algo simples como temperatura ou luminosidade; uma medida um pouco mais complexa como a rotação de um motor ou a distância de um carro até algum

obstáculo próximo ou até mesmo eventos distantes do nosso cotidiano, como a detecção de partículas subatômicas e radiações cósmicas. (PATSKO, 2006)

No meio industrial a maioria dos sensores atende a uma classe de isolamento que determina quão resistente ao ambiente externo ele pode ser. Outras podem ser fabricadas a partir de certos materiais com o objetivo de atender certos segmentos, como exemplo os sensores em inox que são utilizados em indústrias alimentícias e os cerâmicos utilizados para situações aonde ocorrem respingos de solda.

Os modelos são muitos, podemos citar alguns como os indutivos, capacitivos, fotoelétricos, magnéticos, ultrassônicos, infravermelho. Dentro de cada modelo existem variações como exemplo quanto ao alcance, forma de alimentação, tipo do sinal de saída, tamanho e formato de corpo do sensor.

2.5 HIDRÁULICA

O sistema hidráulico é um conjunto de elementos físicos associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, permite a transmissão de energia, e o controle de força e força e movimento. Para trabalhar, os sistemas hidráulicos fazem uso de fluido comprimido para realizar um trabalho. O mais comum é que esse líquido seja um óleo bastante fino, de um grau especial, que é bombeado para dentro do sistema com o objetivo de produzir pressão. (HENRIQUE).

2.6 PNEUMÁTICA

Pneumática é o ramo da engenharia que estuda a aplicação do ar comprimido para a tecnologia de acionamento e comando.

A Figura 5 exemplifica como é constituído pelos elementos um sistema de acionamento pneumático.

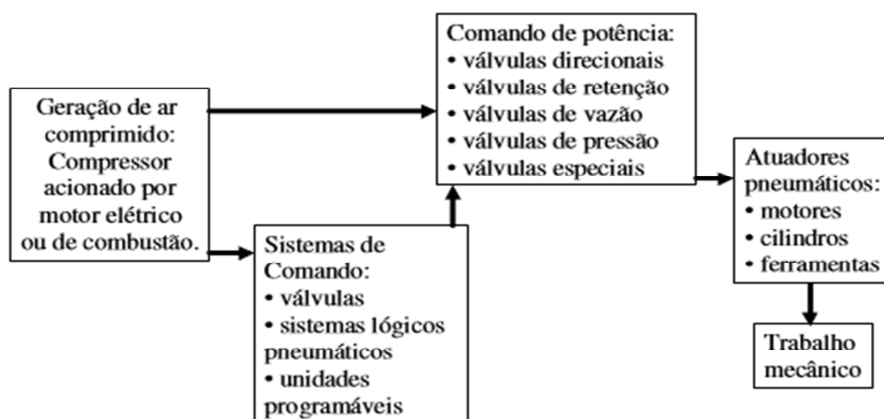


Figura 5 – Sistema de acionamento pneumático

Fonte: Autoria própria

2.6.1 Tratamento do Ar

Antes de entrar em cada máquina pneumática o ar passa por uma unidade de tratamento como mostrado na Figura 6 composta por um filtro, uma válvula reguladora de pressão e um lubrificador. Essa unidade tem por objetivo ajustar as características do ar de forma específica para cada máquina.

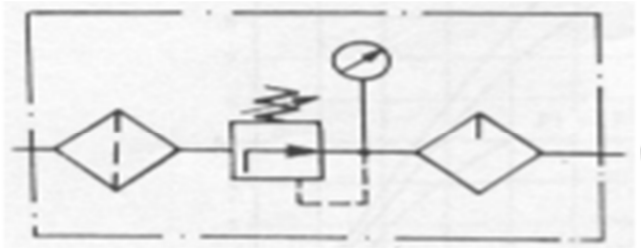


Figura 6 – Sistema tratamento de ar
 Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA4h8AF/pneumatica-basica?part=7>

2.6.2 Atuadores Pneumáticos

Os atuadores pneumáticos são os dispositivos que realizam o trabalho quando recebem a energia do ar comprimido por meio das válvulas de distribuição e controle. Os atuadores pneumáticos são classificados como atuadores lineares ou atuadores rotativos. Atuadores pneumáticos lineares são utilizados quando se deseja movimentar peça para determinada posição, como exemplo em máquinas de fixação e transporte de peças. E os atuadores pneumáticos rotativos são utilizados, por exemplo, em fresadoras manuais. (GOMES, 2015).

A Figura 7 demonstra as principais partes do qual é constituído um atuador pneumático.

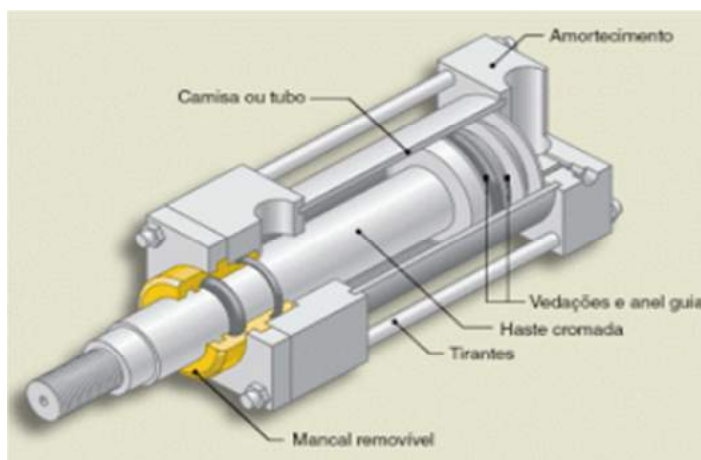


Figura 7 – Atuador pneumático
 Fonte: <https://drive.google.com/file/d/0B3TrTWnK9axAUjhvRIVZLVpqQmM/view?pref=2&pli=1>

2.6.3 Válvulas Pneumáticas

As válvulas comandam e influenciam o fluxo de ar comprimido. Existem quatro tipos de válvulas:

- Válvulas Direcionais: comandam a partida, parada e sentido de movimento do atuador;
- Válvulas de Bloqueio: bloqueiam o fluxo de ar preferencialmente num sentido e o liberam no sentido oposto;
- Válvulas de Fluxo: influenciam a vazão de ar comprimido;
- Válvulas de Pressão: influenciam a pressão do ar comprimido ou são comandadas pela pressão. (SILVA).

A Figura 8 mostra algumas dessas válvulas



Figura 8 – Válvulas Pneumáticas
 Fonte: Catálogo M70701SMC

2.7 SEGURANÇA

O Ministério do Trabalho e Emprego, na preocupação de melhorar as condições de segurança e preservar a saúde dos operadores de máquinas e equipamentos, seja na ocasião do conserto, da limpeza e manutenção e no decorrer dos processos de fabricação, vem atualizando a norma que trata deste assunto, a NR-12, cuja última versão e seus anexos, através da Portaria 197, foi publicada no DOU do dia 24 de dezembro de 2010. Ela estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho em máquinas e equipamentos de todos os tipos, nas fases que vão do projeto ao sucateamento deles. Trata ainda das fases de fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título e em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas

demais Normas Regulamentadoras – NR. Esta melhoria da segurança deve ser uma preocupação importante para todos os responsáveis da indústria (fabricantes, empresários, ministério público e o do trabalho e emprego, trabalhadores através de seus sindicatos, a seguridade social, entre outros). No entanto, apesar das providências de prevenção intrínseca, que cabem aos fabricantes de máquinas e equipamentos tomarem, para eliminar os riscos que possam gerar danos aos que irão operar, subsiste, na maioria dos casos, perigos que podem colocar os operadores sem situações risco. Estes riscos quando não reduzidos a níveis aceitáveis, devem ser isolados dos operadores por protetores que permitem manter uma distância de segurança mínima das zonas de perigo.

De forma geral, toda melhoria da segurança de uma máquina inicia pela apreciação dos riscos. Esta apreciação dos riscos associados às máquinas perigosas segue aproximadamente o mesmo caminho em todos os documentos normativos que tratam da segurança das máquinas. Para cada posto e situação de trabalho deve ser feito um estudo completo e exaustivo de identificação dos fenômenos perigosos, de estimativa e avaliação dos riscos e aplicação do procedimento de eliminação ou redução destes riscos. (BARROS, 2012).

Partes de sistemas de comando de máquinas têm, frequentemente, a atribuição de prover segurança; essas são chamadas as partes relacionadas à segurança. Essas partes podem consistir de hardware e software e desempenham as funções de segurança de sistemas de comando. Podem ser parte integrante ou separada do sistema de comando. O desempenho, com relação à ocorrência de defeitos, de uma parte de um sistema de comando, relacionada à segurança, é dividido, em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4), que devem ser usadas como pontos de referência. (ROCKWELL, 2016).

A Figura 9 é uma tabela guia que ajuda na seleção para as categorias de segurança.

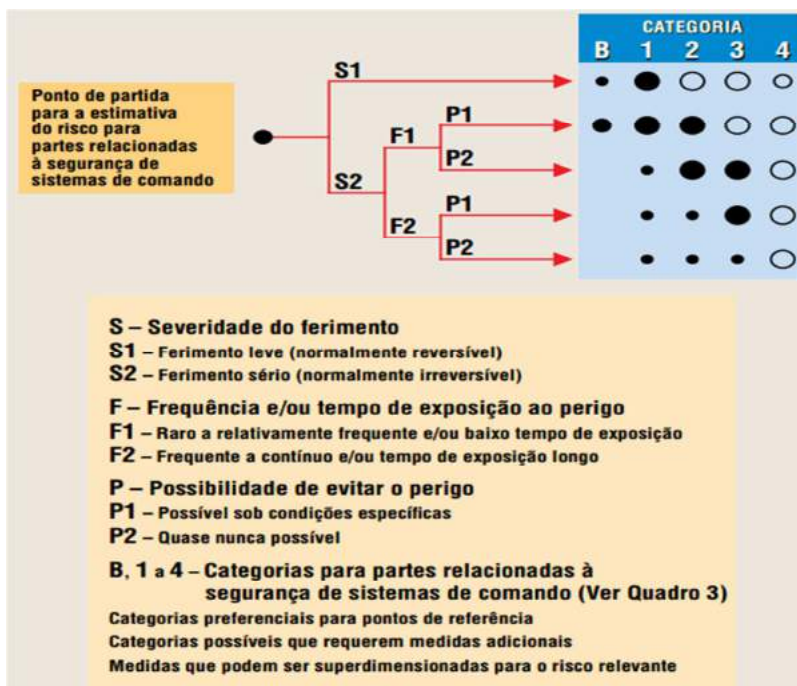


Figura 9 – Guia de seleção para categorias de segurança.

Fonte: Segurança de máquinas e equipamentos de trabalho NR12.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Principais Componentes da máquina

Para que o dispositivo execute o trabalho de dobra, será predisposta uma mesa de alimentação, Figura 10, na qual será depositado um feixe de tubos para que o operador faça a preparação de dez unidades a cada ciclo do dispositivo. Existe nesta área uma caixa de comando com botões de início de ciclo e emergência. Um para que após a preparação dos tubos o operador inicie o ciclo e o outro em caso de eventual necessidade.

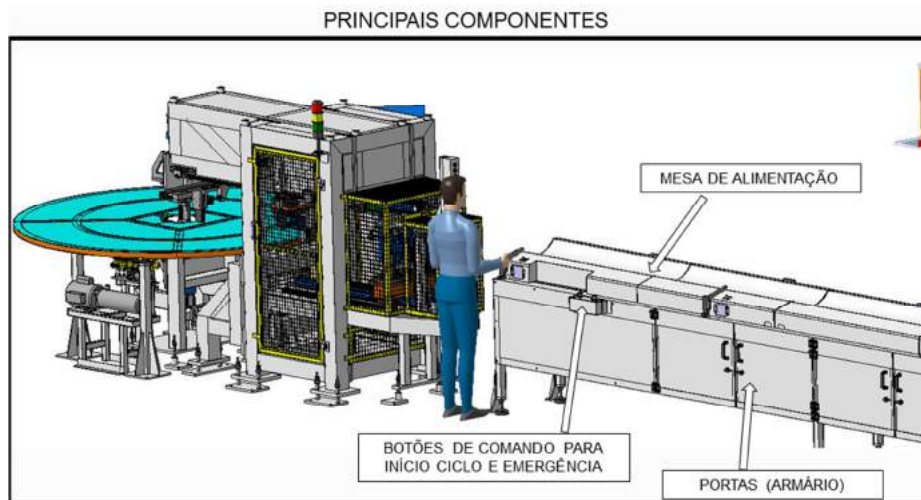


Figura 10–Principais componentes “Mesa de alimentação”.

Fonte: Autoria própria

A maioria dos componentes elétricos e eletrônicos serão colocados dentro de um painel elétrico que ficará disposto atrás do dispositivo, Figura 11. Dessa forma não atrapalhará a movimentação do operador durante o processo de produção.

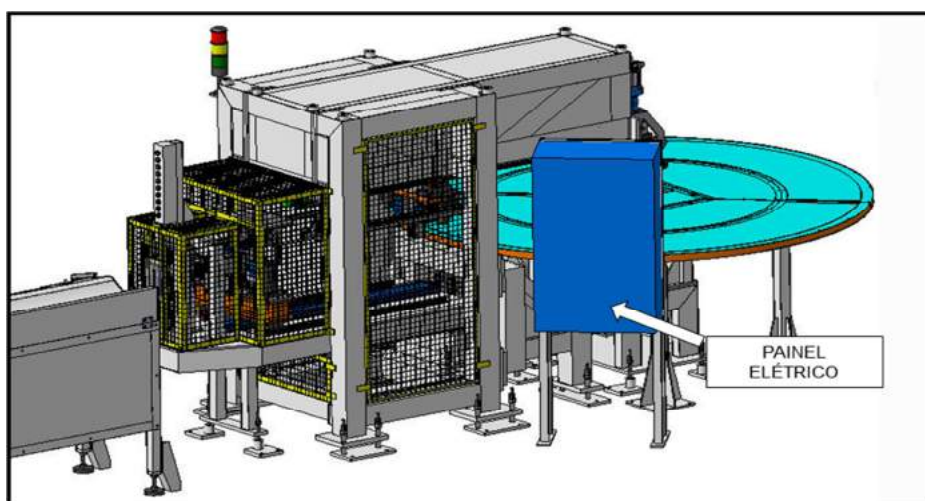


Figura 11–Posição painel elétrico.

Fonte: Autoria própria

Serão colocados alguns rolos livres na entrada do dispositivo, com o objetivo de guiar os dez tubos que serão inseridos pelo operador. O conjunto que chamaremos de carro, Figura 12, basicamente serão atuadores pneumáticos e hidráulicos embarcados em uma base guiada por um cilindro sem haste. Dos atuadores teremos um que fará a função de batente para os tubos de entrada e dois que farão a função de mordente, para fixação dos tubos.

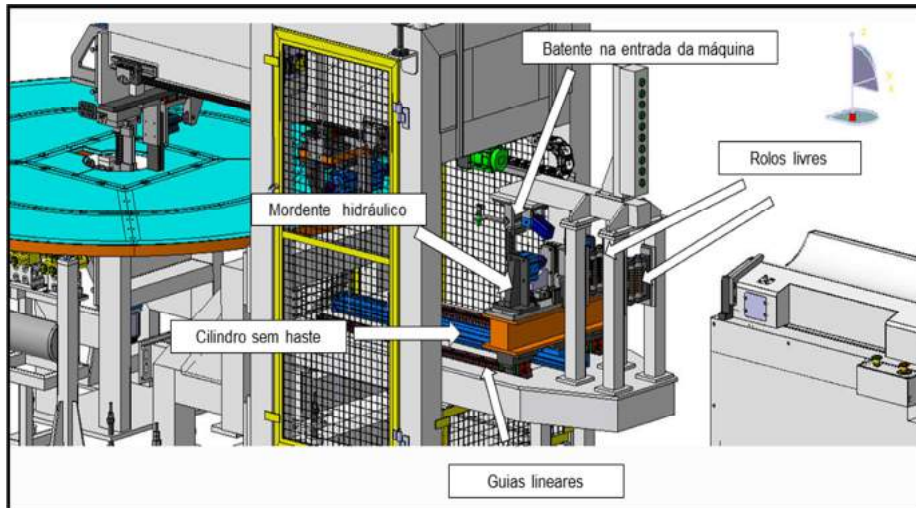


Figura 12–Principais componentes “carro”.

Fonte: Autoria própria

Os tubos serão deslocados desde a entrada até o local em que ocorrerão as dobras, para isso serão utilizados o mordente, Figura 13. A fixação dos tubos com o objetivo de não ocorrer o escorregamento no momento da dobra, será feito com o mordente nº3. O mordente nº1 será movimentado pelo carro. O mordente nº2 será movimentado por um servo motor através de um fuso de esferas.

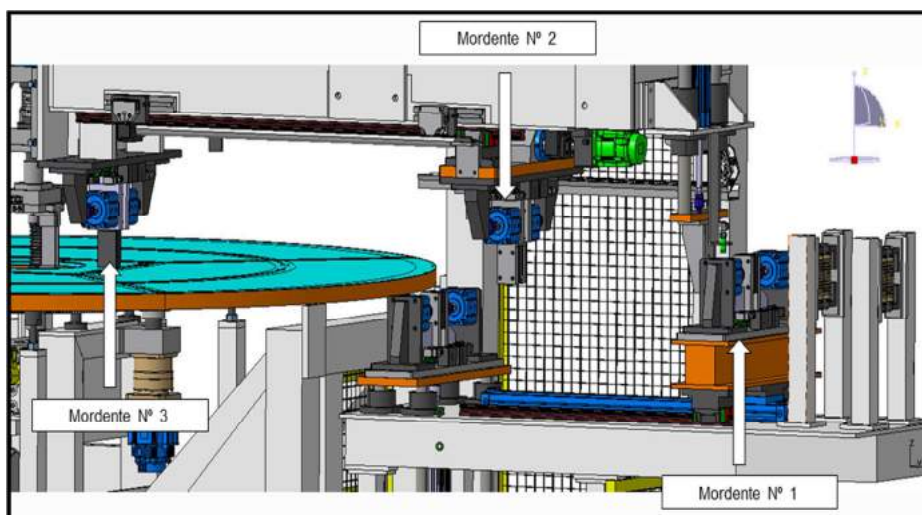


Figura 13–Principais componentes “Mordentes”.

Fonte: Autoria própria

O dispositivo possui uma mesa fixa, Figura 14 na qual as serpentinas que serão formadas se movimentam de forma a deslizarem sobre a mesma. Abaixo dela será posicionada a unidade hidráulica.

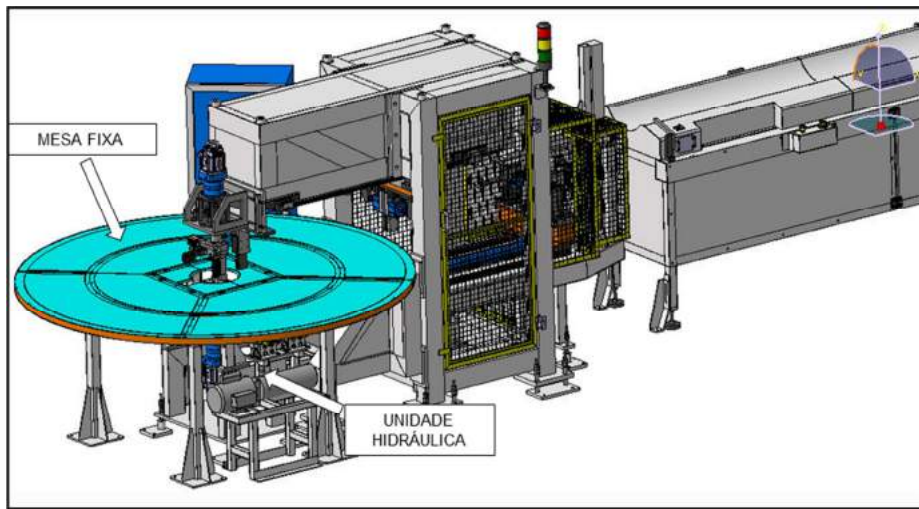


Figura 14–Principais componentes “Mesa”.

Fonte: Autoria própria

Na parte superior da mesa terá o que chamamos de conjunto de dobra superior, Figura 15. Esse conjunto é composto de um servo motor, cilindro hidráulico e um cilindro pneumático rotativo. Cada um desses componentes terá a função de executar determinado movimento na formação de dobra dos tubos. O cilindro rotativo pneumático será responsável pelo movimento de uma peça que chamaremos de aba, que servirá para guiar os tubos no momento da dobra. O cilindro hidráulico irá girar a garra que faz a dobra dos tubos para o lado direito. E o servo motor fará o giro do conjunto que seria a garra e a aba.

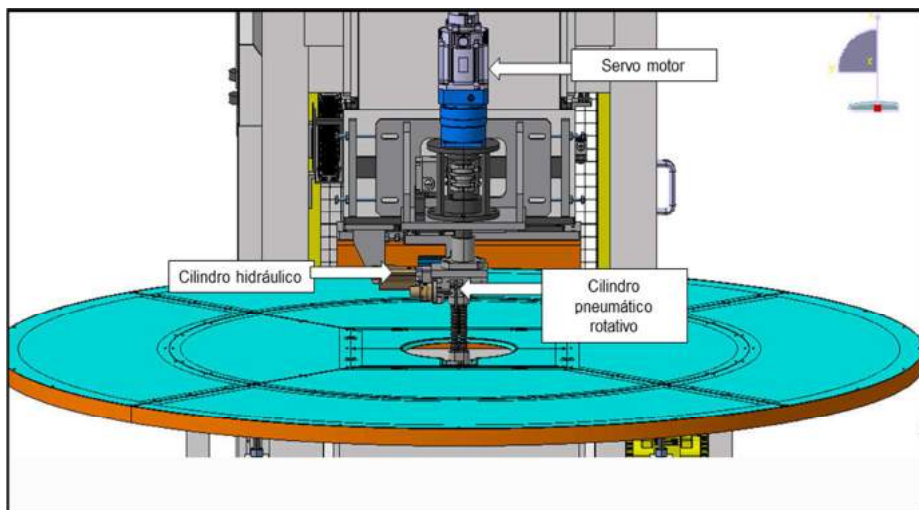


Figura 15–Principais componentes “Conjunto superior”.

Fonte: Autoria própria

Um conjunto similar ao conjunto de dobra superior será colocado em baixo da mesa, Figura 16 com o objetivo de proporcionar que ocorra a dobra dos tubos para o lado contrário. Dessa maneira será possível formar a serpentina.

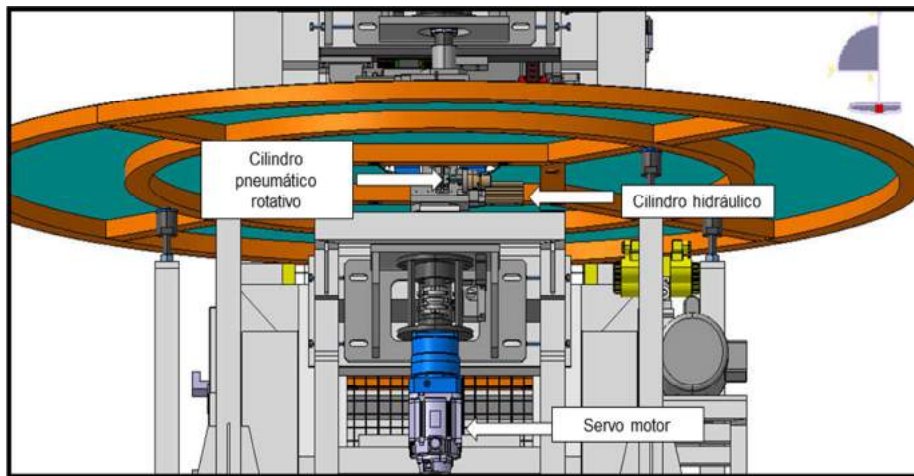


Figura 16–Principais componentes “Conjunto inferior”.
Fonte: Autoria própria

3.2 Sequência de Movimentos Alimentação.

Através das imagens abaixo será exemplificado a sequência de movimentos de alimentação dos tubos até o momento em que se inicia a dobra.

Inicialmente o operador separa manualmente dez tubos na mesa de alimentação conforme a Figura 17.

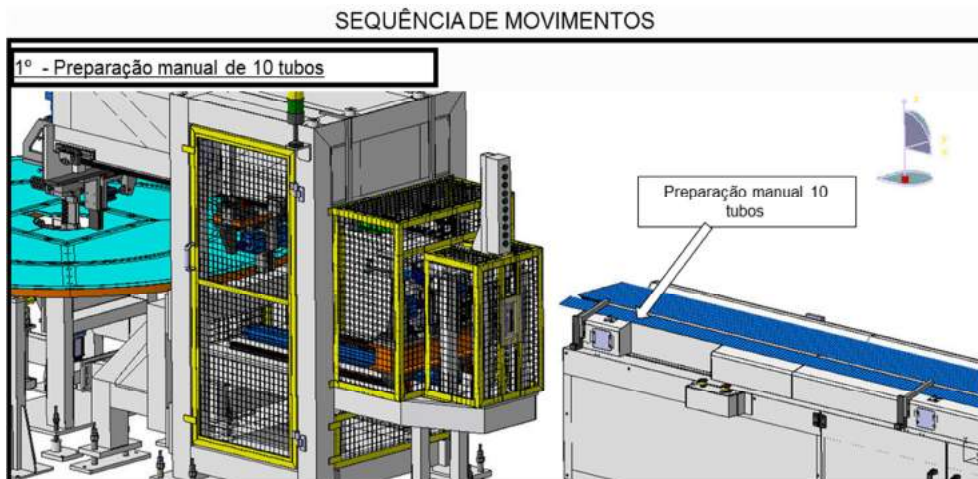


Figura 17–Sequência de movimentos alimentação “Preparação tubos”.
Fonte: Autoria própria

Após a separação os tubos serão inseridos manualmente no dispositivo, por entre os rolos livres até que sejam encostados no batente, figura 18. Será colocada uma sinalização que identificará que os tubos estão na posição correta.

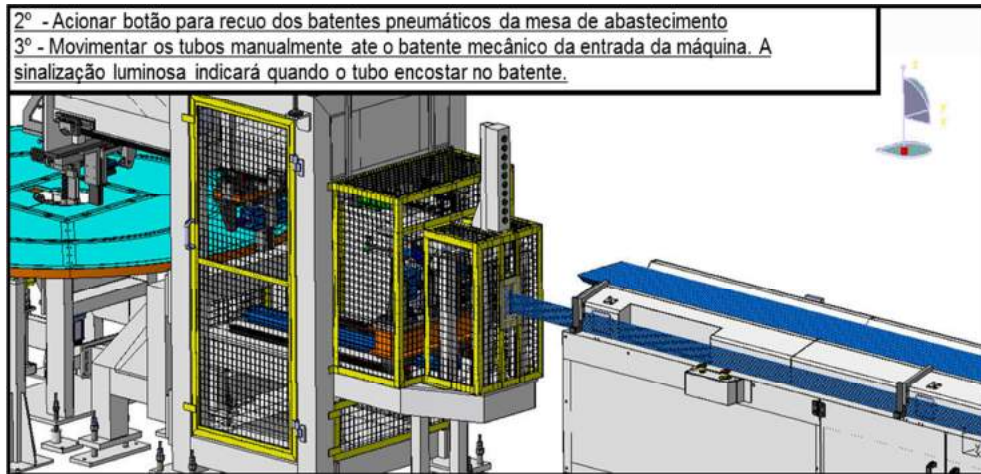


Figura 18–Sequência de movimentos alimentação “Posicionamento dos tubos”.
Fonte: Autorial própria

Verificado que os dez tubos estão na posição correta, o operador pressiona o botão de acionamento, Figura 19. Dessa forma iniciando o processo automático do dispositivo.

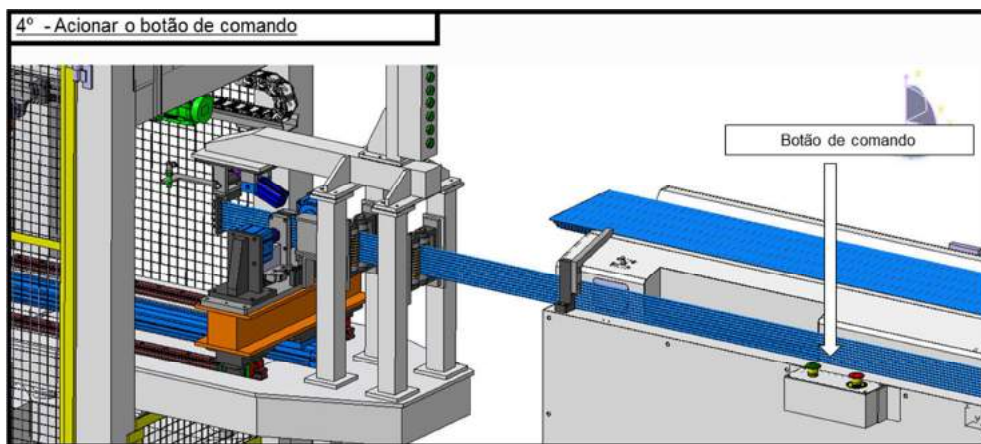


Figura 19–Sequência de movimentos alimentação “Acionamento”.
Fonte: Autorial própria

Primeiramente o mordente nº1 fecha-se fazendo com que os tubos fiquem presos no carro, Figura 20.

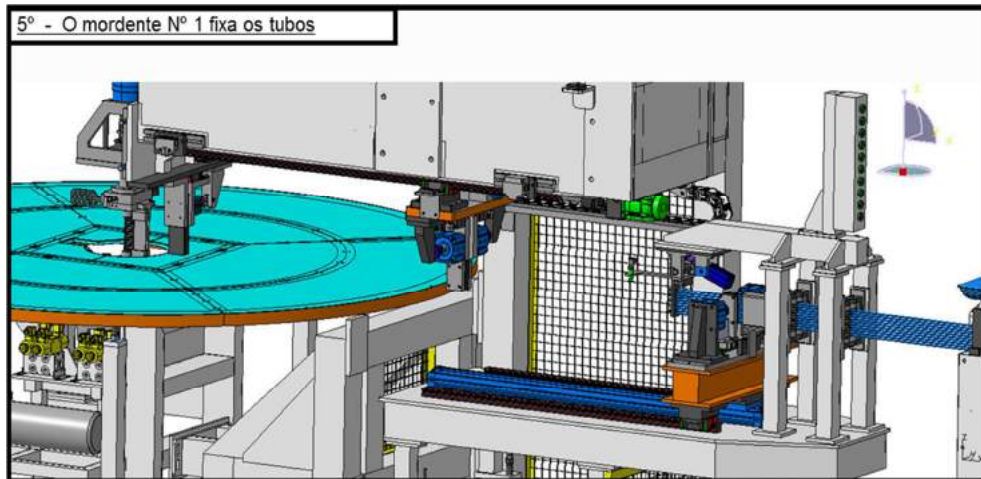


Figura 20–Sequência de movimentos alimentação “Fixação mordente nº1”.
Fonte: Autoria própria

Após os tubos estarem fixos o batente recua para que o carro possa se deslocar levando consigo os dez tubos, Figura 21.

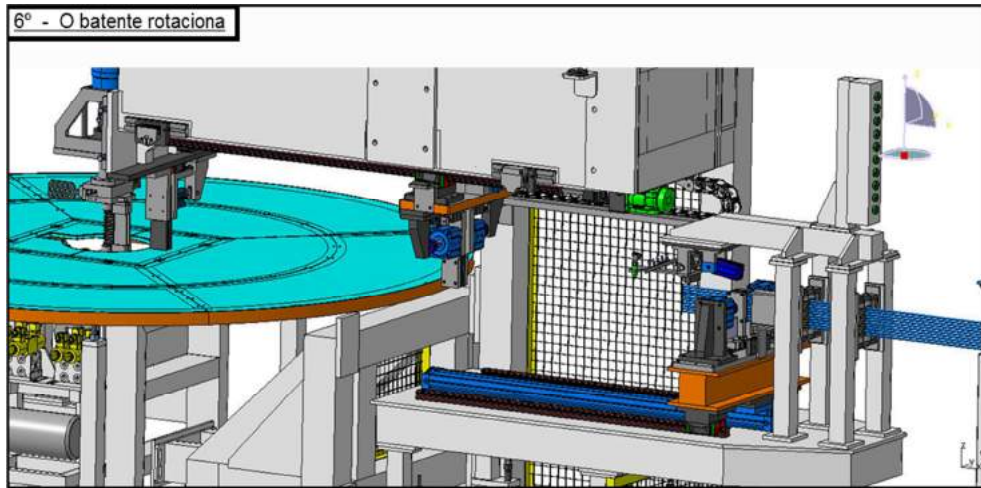


Figura 21–Sequência de movimentos alimentação “Recuo batente”.
Fonte: Autoria própria

O carro será movimentado até uma posição próxima à mesa, movimentando com ele o mordente n°1 e os tubos. O mordente n°2 posiciona-se aberto até o ponto em que os tubos fiquem no meio permitindo que ocorra o fechamento permitindo que ocorra a abertura do mordente n°1, Figura 22.

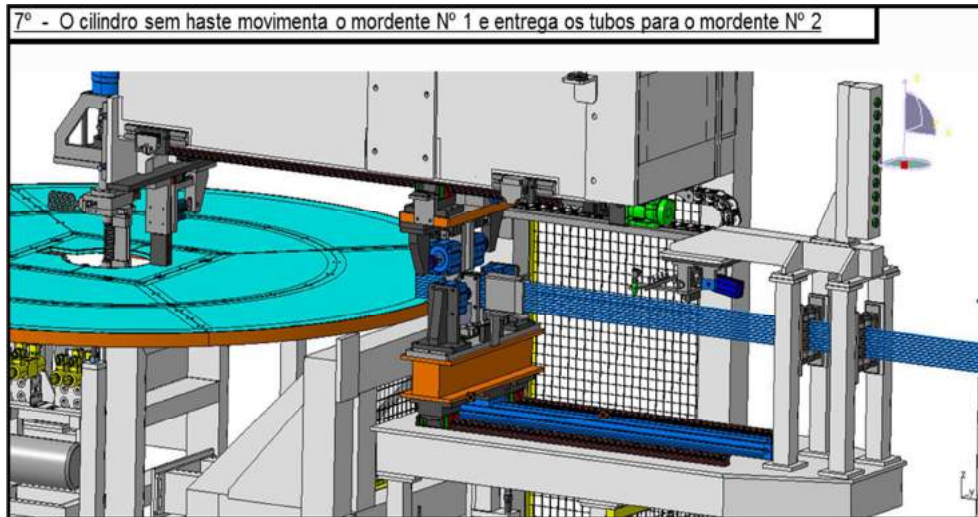


Figura 22–Sequência de movimentos alimentação “Entrega para mordente n°2”.
Fonte: Autoria própria

Ocorre então o movimento do mordente n°2 até a posição de entrega ao mordente n°3, Figura 23.

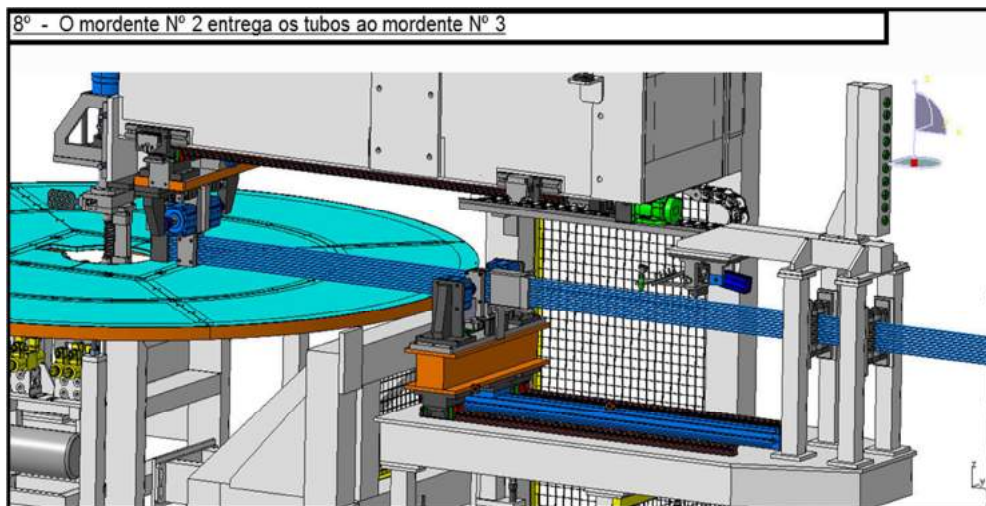


Figura 23–Sequência de movimentos alimentação “Entrega para mordente n°3”.
Fonte: Autoria própria

Uma vez que os tubos estiverem fixados pelos mordentes n°1 e n°3 o mordente n°2 pode deslocar-se aberto indo até uma posição que permita continuar empurrando os tubos na direção de dobra. Essa intercalação entre os mordentes proporcionará posicionar os tubos em qualquer lugar que se deseja realizar as dobras, Figura 24.

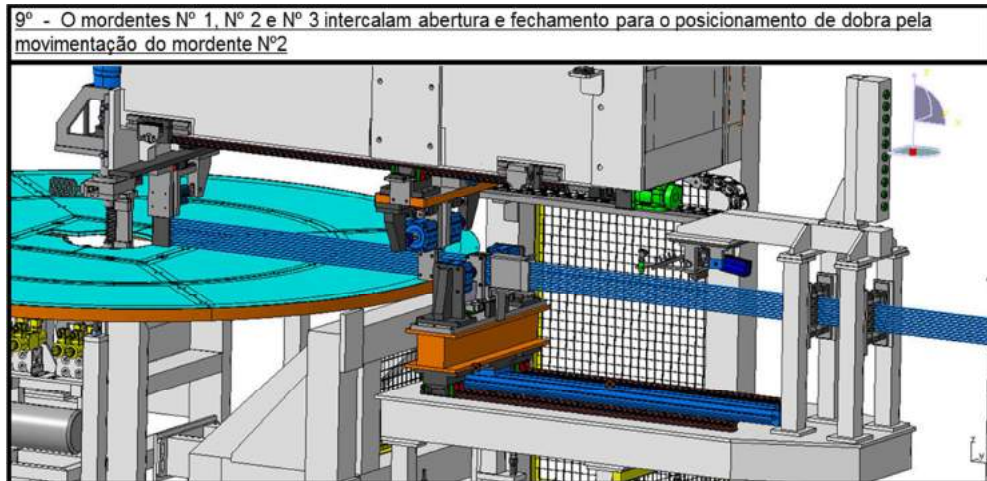


Figura 24–Sequência de movimentos alimentação “Intercalação mordentes”.

Fonte: Autoria própria

Para a realização das dobras os mordentes n°1 e n°3 deverão estar fechados. Isso para que ao dobrar os tubos não ocorra o efeito de escorregamento, Figura 25.

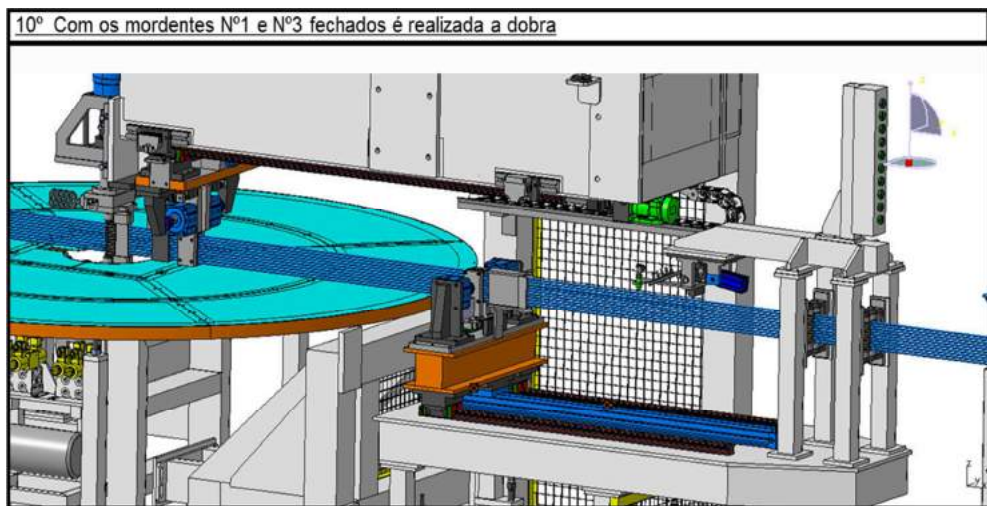


Figura 25–Sequência de movimentos alimentação “Realização dobra”.

Fonte: Autoria própria

3.3 Sequência de movimentos Dobra

Abaixo as imagens irão exemplificar o processo de movimentação do dispositivo na realização de dobra para um dos lados, utilizando o conjunto superior da mesa.

Os dez tubos entrarão inicialmente no meio das duas garras quando elas estiverem posicionadas conforme a imagem abaixo. Será através dos canais presentes nas garras que passará cada um dos tubos, Figura 26.

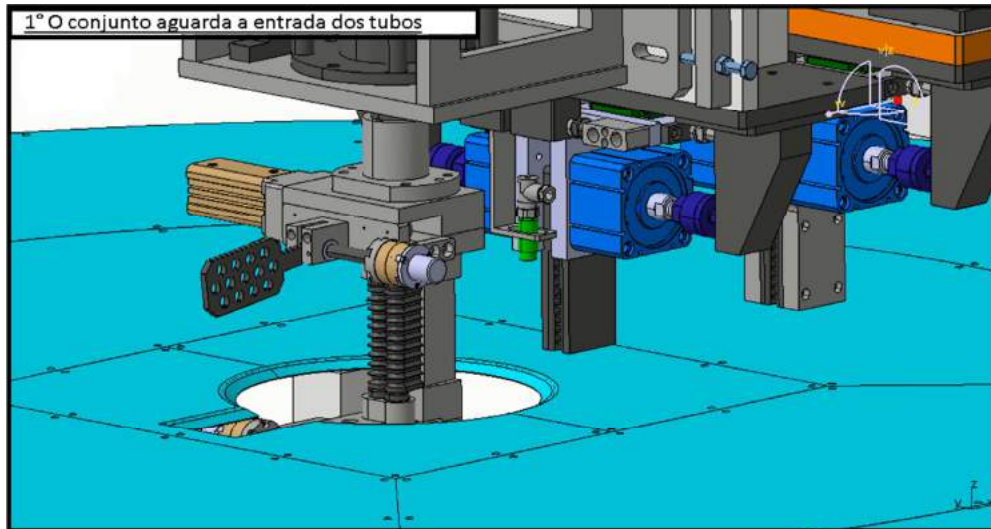


Figura 26–Movimentos dobra “Aguarda entrada de tubos”.

Fonte: Autoria própria

Após a entrada dos tubos o cilindro rotativo deverá ser acionado para que a aba seja girada para baixo, Figura 27.

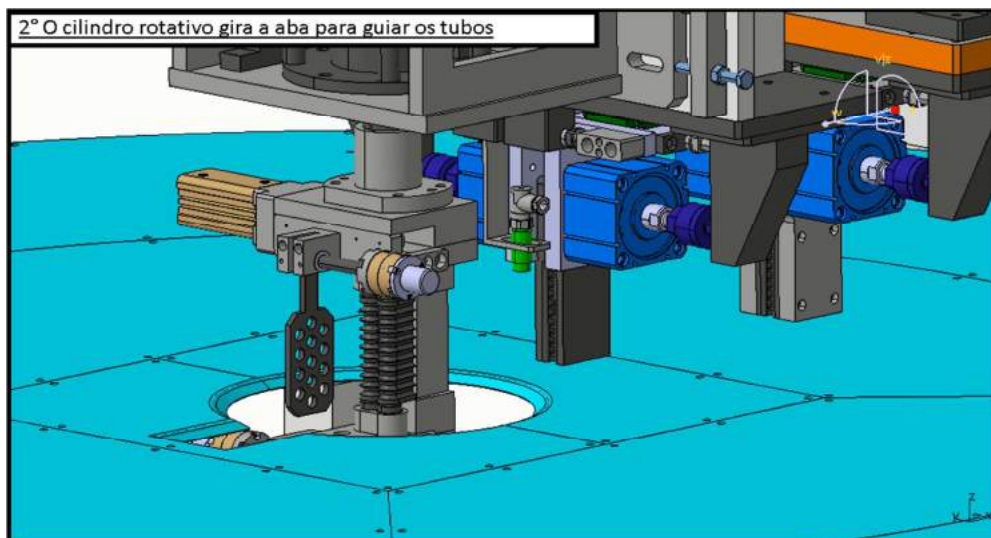


Figura 27–Movimentos dobra “Abaixa aba”.

Fonte: Autoria própria

Ocorre em seguida o acionamento do cilindro hidráulico responsável pelo giro da garra. Ao mesmo tempo ocorre o acionamento do servo motor que faz todo o conjunto girar em torno do eixo, Figura 28.

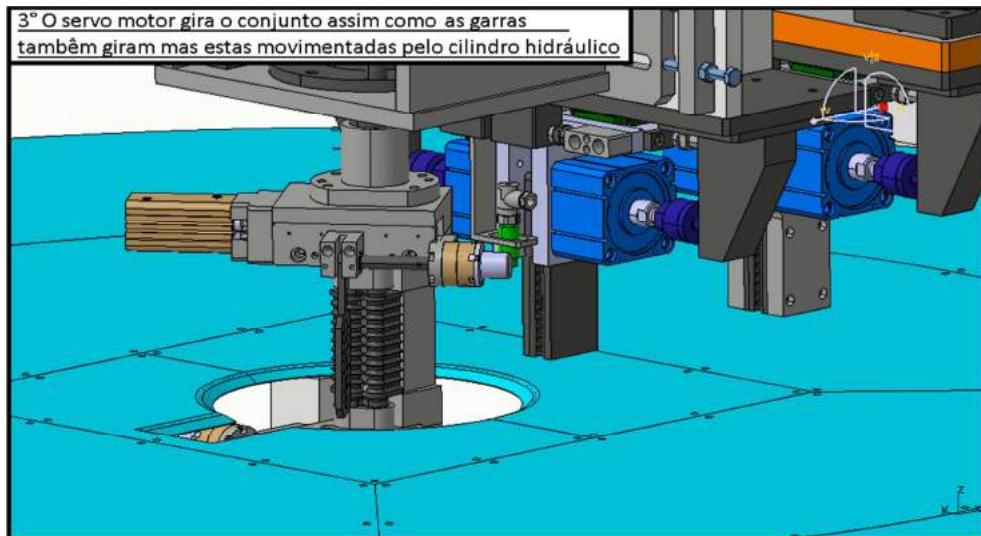


Figura 28–Movimentos dobra “Giro garras”.
Fonte: Autoria própria

Percebe-se na Figura 29 que tanto uma das garras quanto o conjunto todo estará sendo rotacionando.

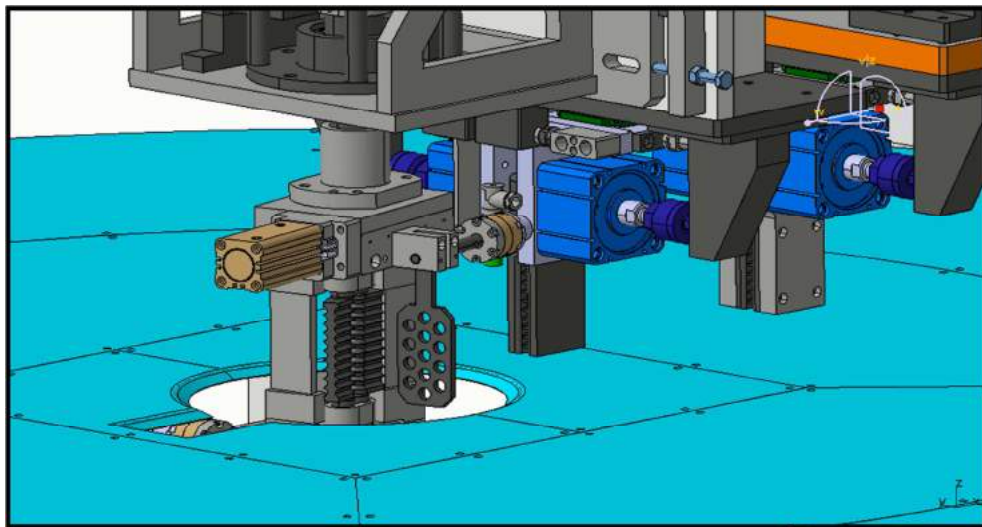


Figura 29–Movimentos dobra “Rotação Conjunto”.
Fonte: Autoria própria

Ao chegar ao final da posição de giro ocorre o retorno da aba, da garra e do giro executado pelo servo motor, Figura 30.

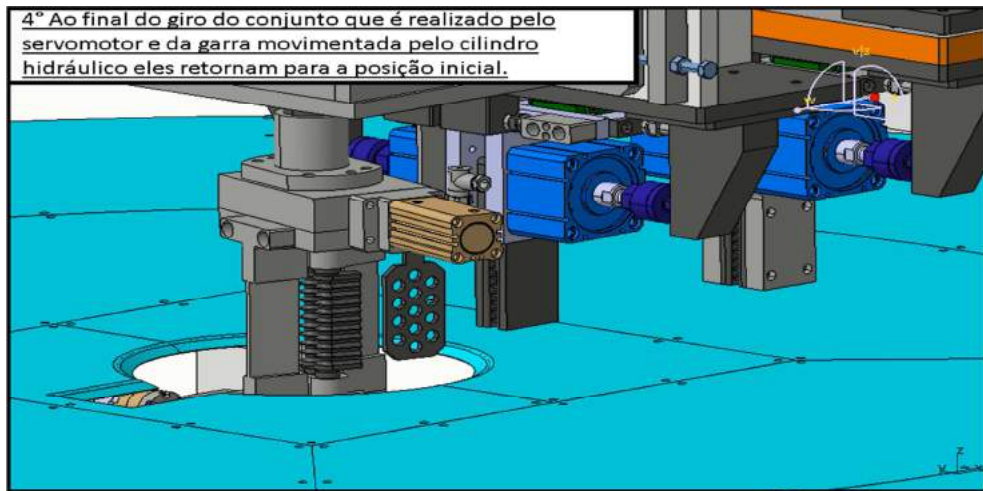


Figura 30–Movimentos dobra “Retorno conjunto”.

Fonte: A autoria própria

O mesmo movimento ocorre para a realização da dobra no sentido contrário, entretanto utilizando o conjunto inferior da mesa. Essa intercalação de dobras irá resultar no produto denominado serpentina.

As dobras da serpentina serão realizadas nas medidas conforme o modelo selecionado, havendo variações quanto ao número de dobras e ao tamanho de cada segmento. Abaixo a Figura 31 exemplifica um modelo.

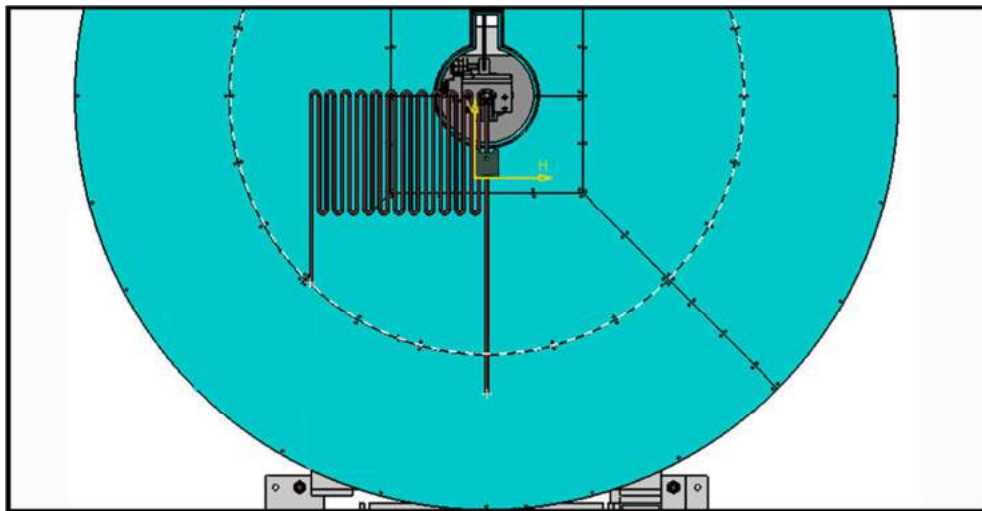


Figura 31–Movimentos dobra “Dobras realizadas”.

Fonte: A autoria própria

3.4 IMPLEMENTAÇÃO

Conforme a Figura 32 foram posicionados componentes que permitem a interface com o operador e de quem está ao redor da mesma.

De forma geral foram definidos locais em que o operador tenha o comando da máquina em determinados pontos. A CX1, CX2 e CX5 possibilitam que o operador inicie ou reinicialize o funcionamento do dispositivo. Já o painel de comando, PC, foi posicionado em um local que o operador fique fora da área de segurança, mas ao mesmo tempo tenha visualização de toda a área de trabalho. Será através desse painel que todas as informações referentes a máquina e dos produtos são configuradas e exibidas. A coluna luminosa, CL, foi posicionada de forma que em qualquer posição ao redor da máquina possa ser visualizada. Dessa forma, através dela pode ser identificado se a máquina está em operação, parada ou em falha. A CX3 é um painel luminoso com dez elementos luminosos, cada um referente a um tubo que é inserido no dispositivo. Ele está estrategicamente posicionado na parte traseira do dispositivo para que o operador ao inserir os tubos possa visualizá-la. Um *Scanner* de segurança foi inserido com o objetivo de proteger a área da mesa em que ocorre a dobra dos tubos. Garantido que não ocorram riscos a quem estiver na área de trabalho.

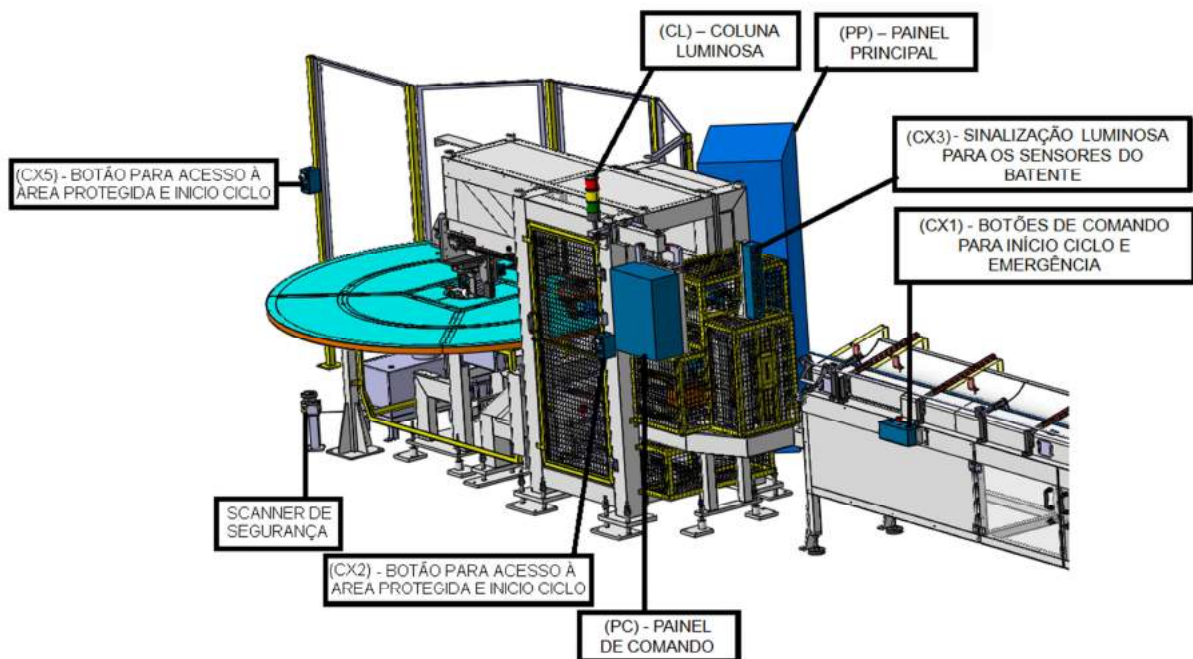


Figura 32–Implementação.

Fonte: Autoria própria

3.5 REDE

Por se tratar de um sistema que envolve vários componentes eletrônicos, a utilização dos mesmos em rede faz com que se reduzam os custos na aplicação. Isso porque desde as ligações quanto à programação seja mais rápida.

Nesse sentido, conforme a Figura 33 foram utilizadas entradas e saídas ligadas diretamente ao controlador, apenas de alguns sensores e sinalizações, diminuindo consideravelmente o número de cabos a serem ligados no painel principal se comparado à aplicação em rede.

No demais foram utilizados módulos que através da rede se obteve o endereçamento das entradas e saídas. Através do controlador MP2300 foi aberta uma rede Ethernet, possibilitando a comunicação do mesmo com uma IHM, dois distribuidores e um bloco de válvulas. Além disso, o próprio controlador abre uma rede chamada de Mechatrolink que possibilita o controle total dos servomotores.

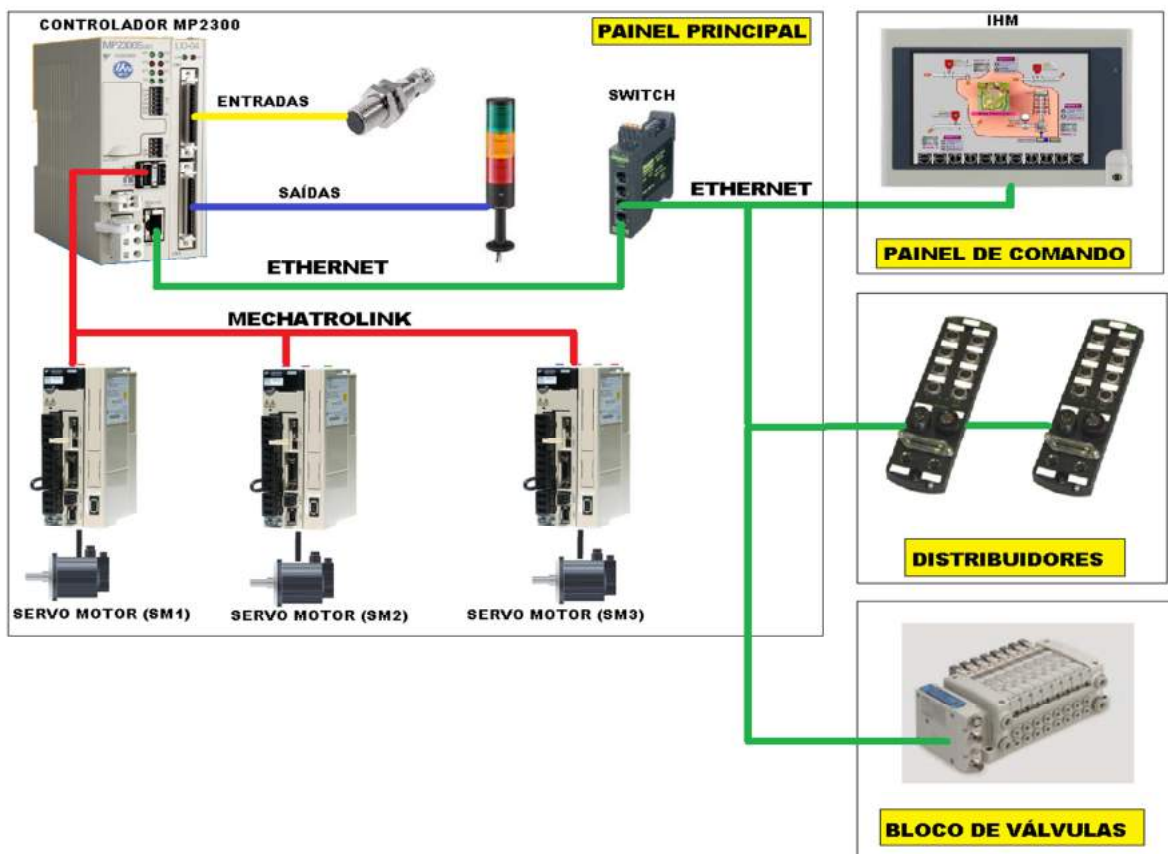


Figura 33–Rede.

Fonte: Autoria própria

3.6 ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA

A alimentação elétrica fornecida pelo cliente na instalação do dispositivo foi de 440V. Muitos dos componentes elétricos estão especificados para trabalhar nessa faixa de tensão. Entretanto para atender à alguns componentes que não trabalham nessa faixa foram inseridos transformadores para a redução da tensão para 110 V ou 220 V. A Figura 34 exemplifica a alimentação elétrica do sistema.

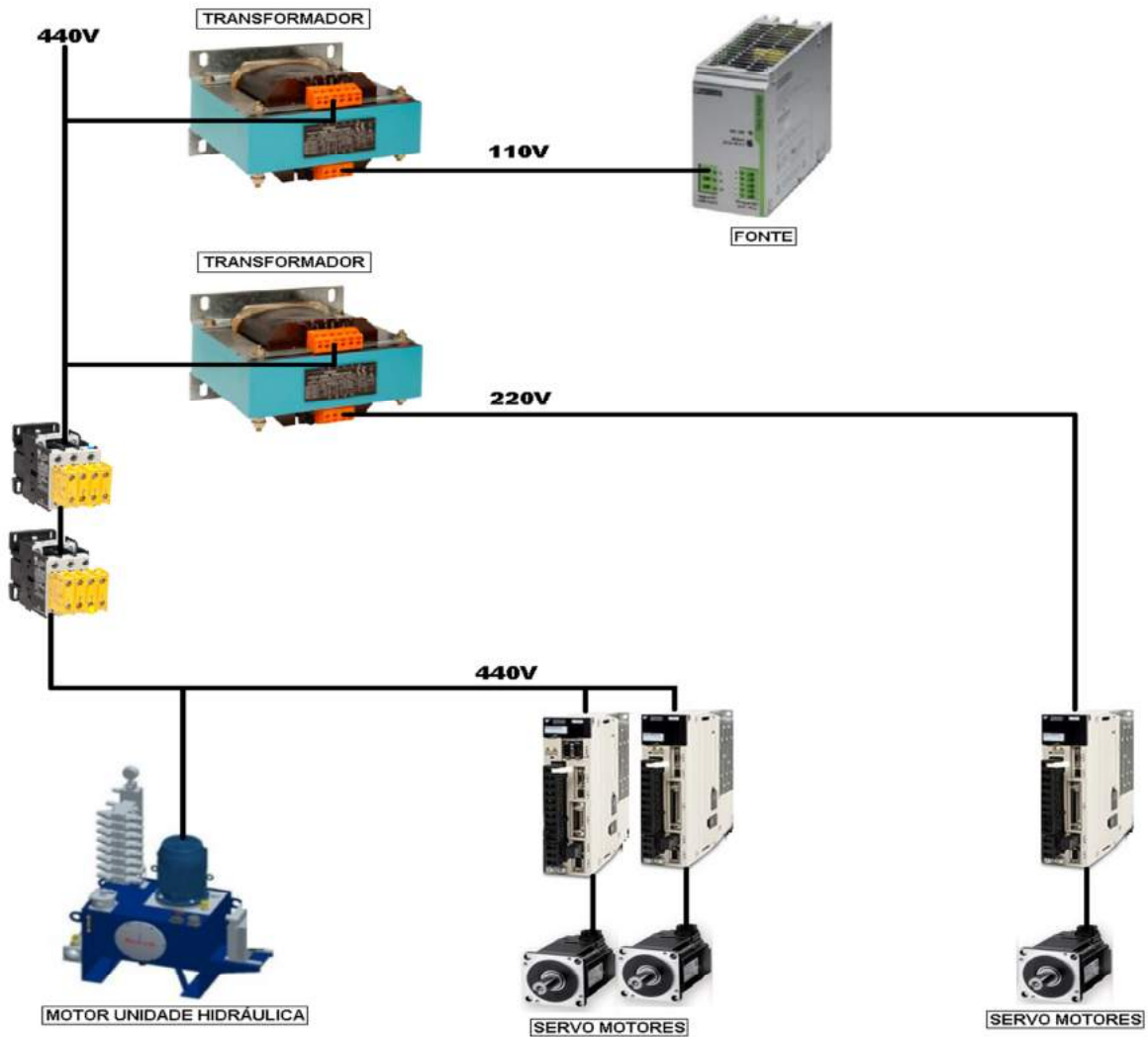


Figura 34–Alimentação força.
Fonte: Autoria própria

3.7 SEGURANÇA DA MÁQUINA

Para a segurança da máquina foi utilizado um controlador de segurança, no qual os sinais do scanner, chaves magnéticas e botões de emergência são monitorados permitindo ou não a liberação dos contatores responsáveis pela alimentação dos motores. Dessa forma assegurando que independentemente de qualquer que seja a intervenção na máquina, ela parará de forma segura. A Figura 35 exemplifica o esquema de ligação do sistema de segurança.

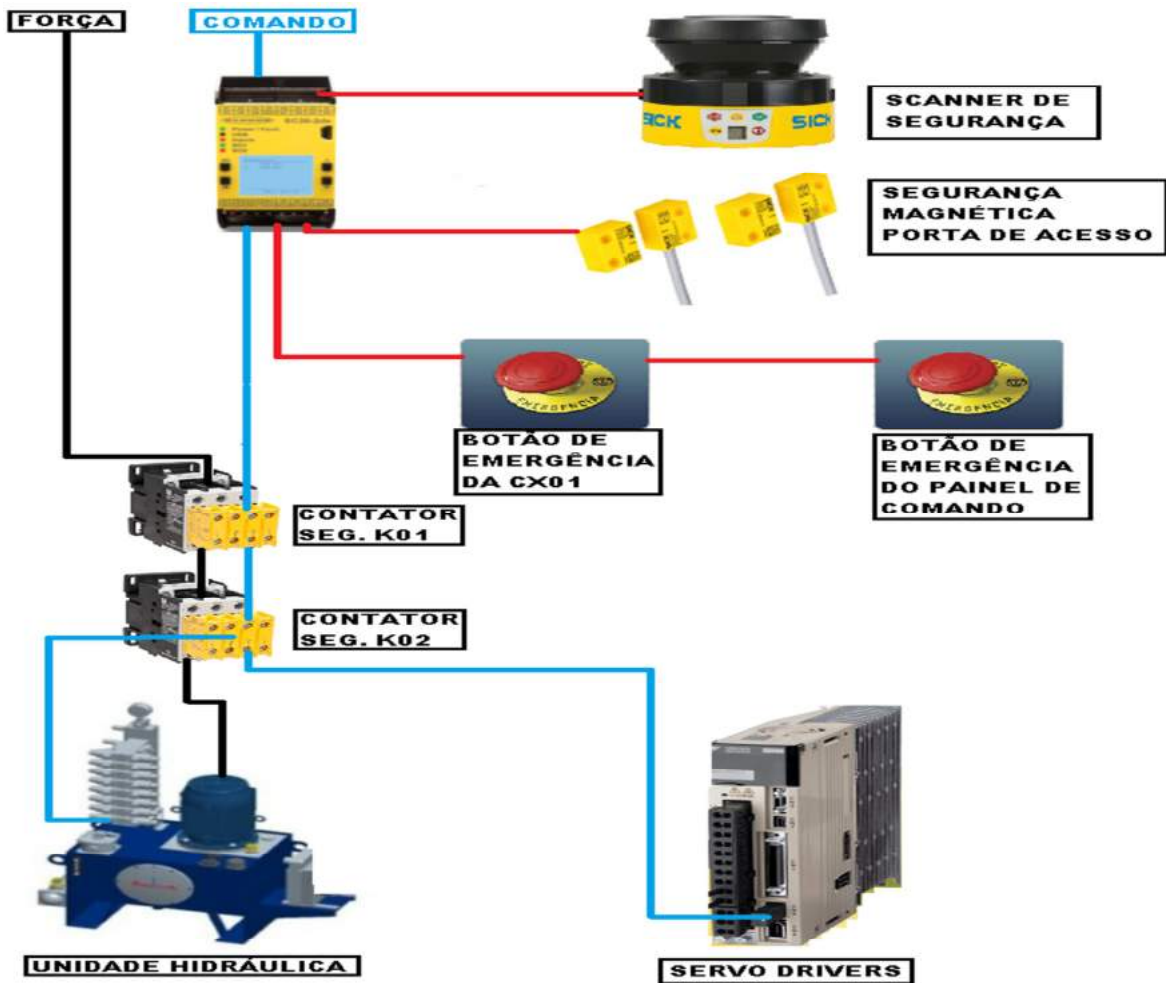


Figura 35–Segurança da Máquina.
Fonte: Autoria própria

3.8 SOFTWARES

3.8.1 PLC

O PLC da Yaskawa foi configurado através do software Motion Works-Professional. Foram criadas sub-rotinas possibilitando uma melhor distribuição do trabalho, conforme em destaque na Figura 36. Na maior parte o programa utiliza a linguagem *Ladder*, entretanto no trabalho principalmente com os movimentos dos servos motores foi utilizada a linguagem *Function Block Diagram*, pois possibilita a utilização de blocos que facilitam o trabalho.

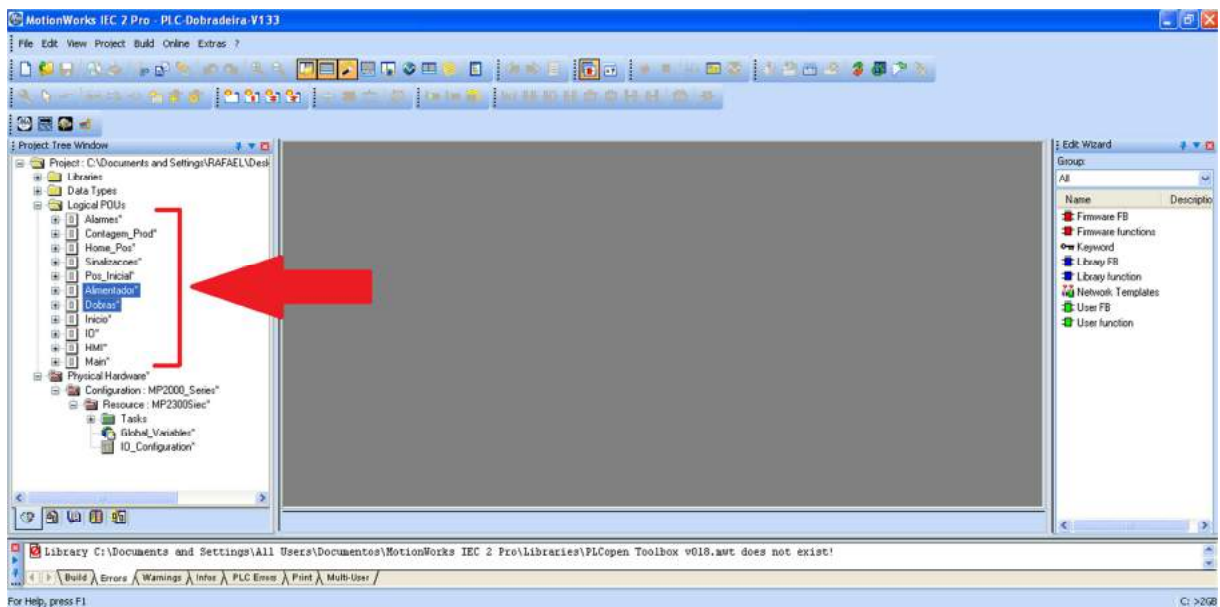
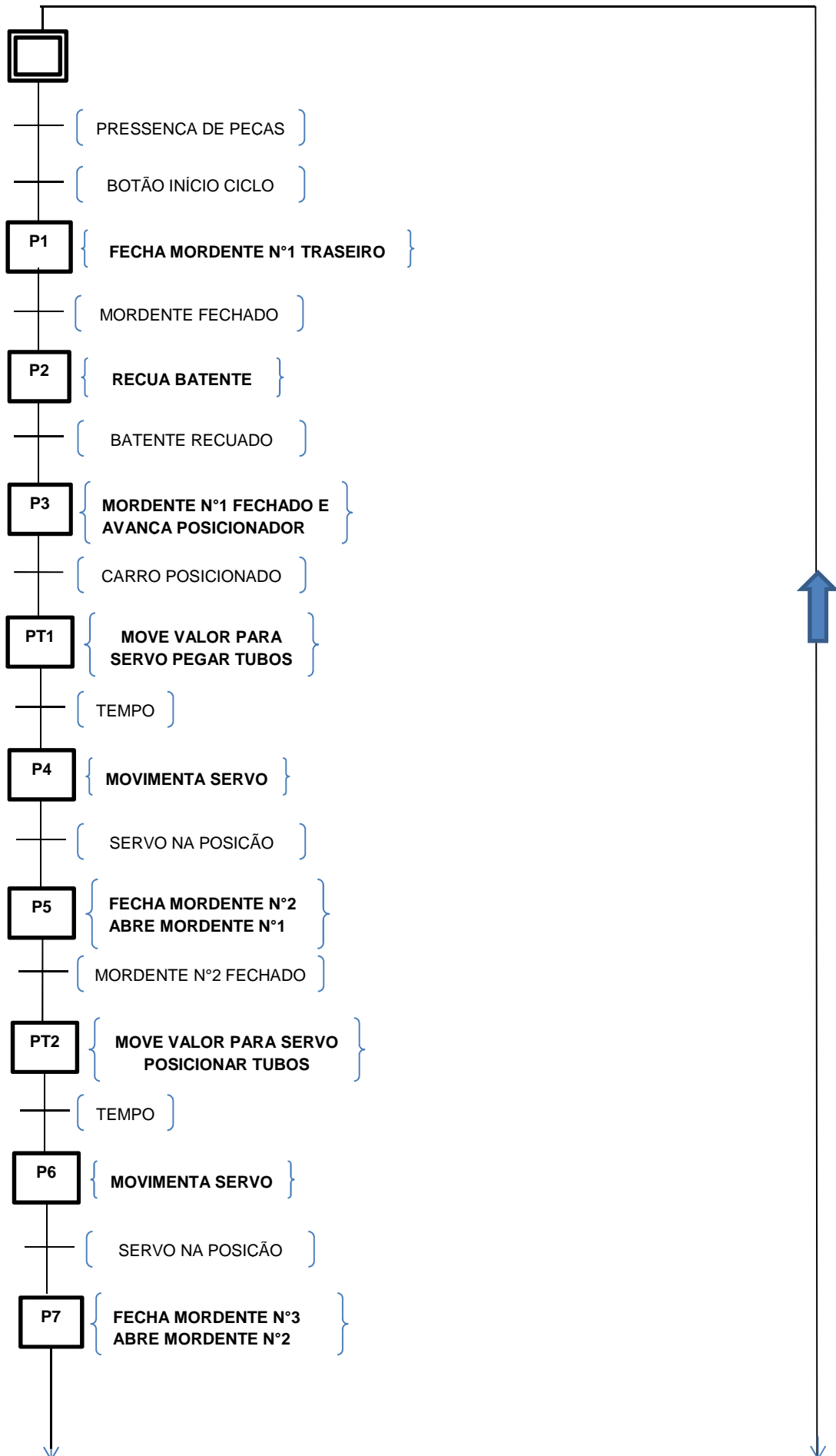


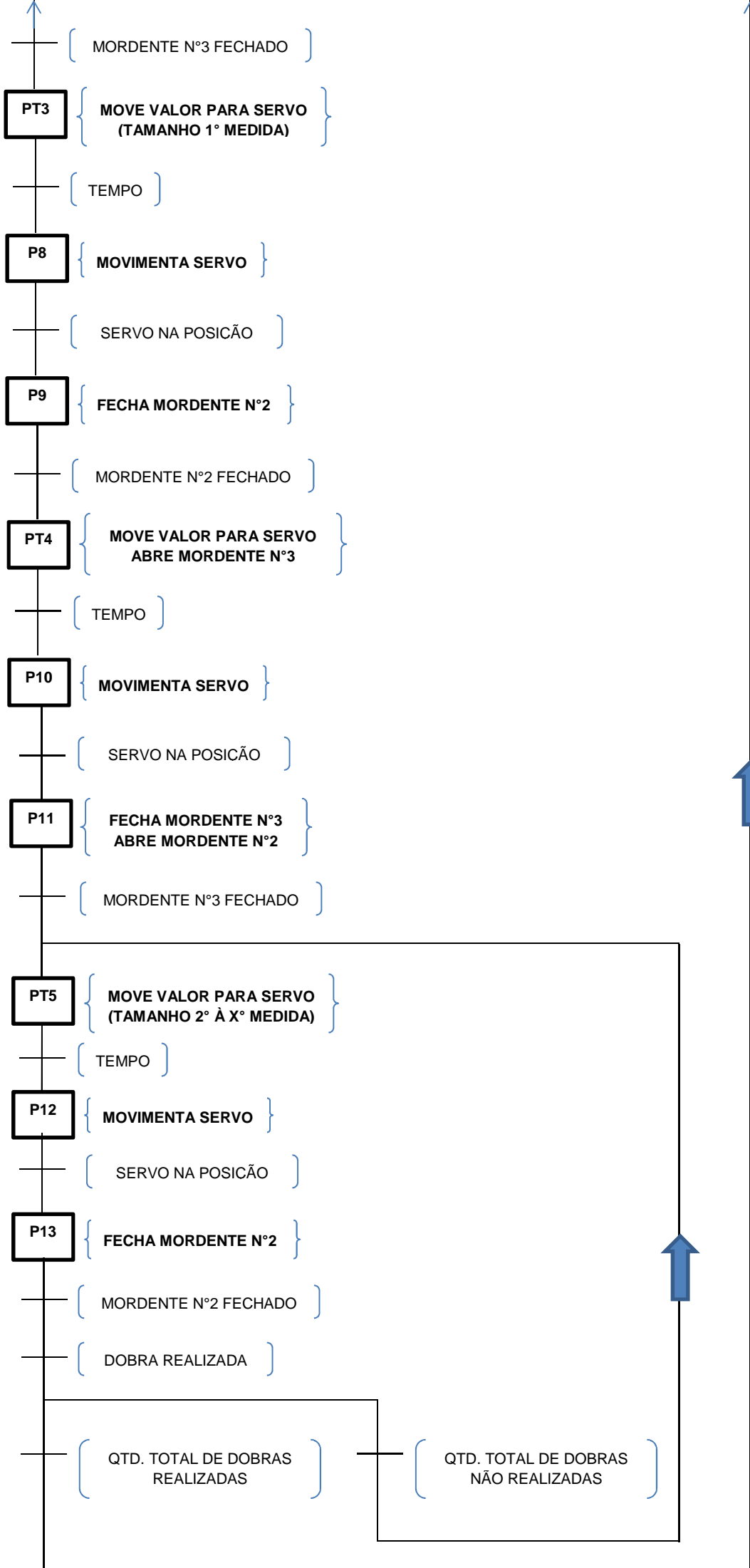
Figura36–Software Motion Works – Sub-rotinas.

Fonte: Autoria própria

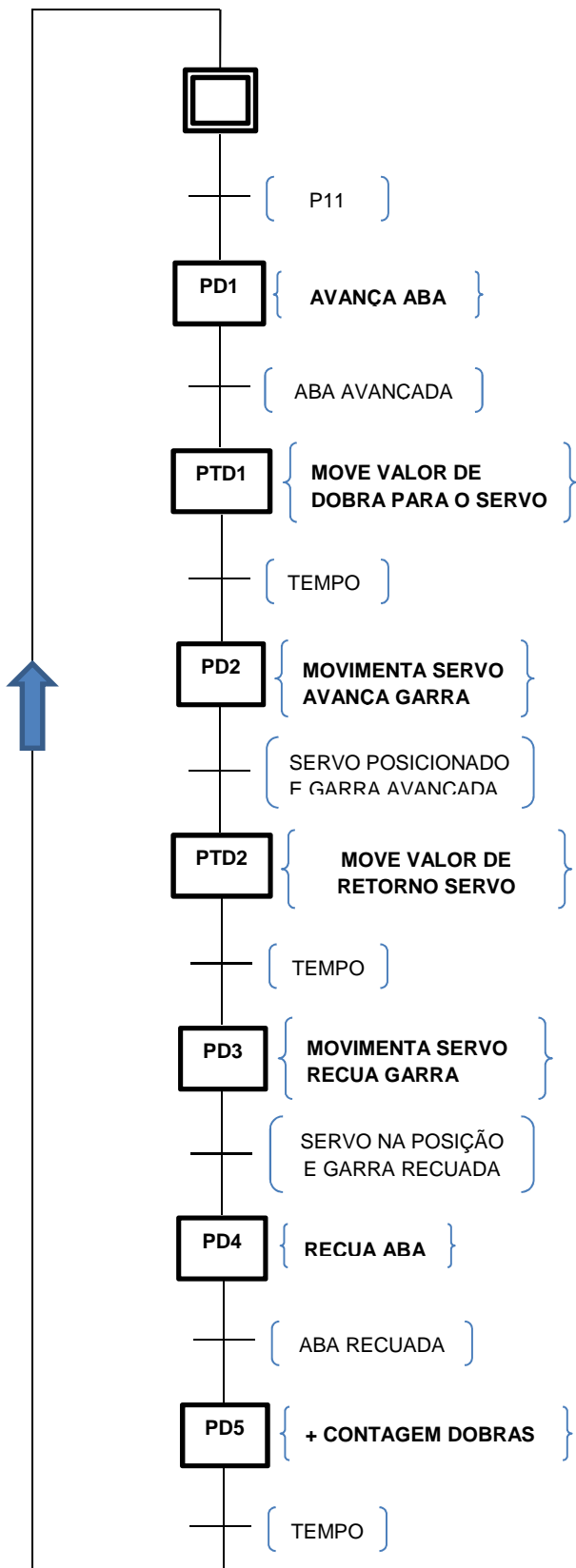
Para exemplificar as principais Sub-rotinas, do programa foi desenvolvido *grafcet* do Alimentador e das Dobras. O *software* dessas duas sub-rotinas se encontram no Anexo II – *Software PLC Alimentador* e Anexo III – *Software PLC Dobras*.

3.8.1.1 Grafcet do Alimentador





3.8.1.2 Grafset Dobra



3.8.2 Servomotores

Para a configuração dos servomotores também foi utilizado o *software* Motion Works-Professional. Dentro do campo, (Hardware configuration) é possível fazer a configuração de qualquer periférico ligado à rede Ethernet e da rede Mechatrolink-II. Na Figura 37, é demonstrado os componentes que se comunicam ao controlador. Além dos três servos ligados à rede Mechatrolink-II que seriam o SGDV Rotary-1, SGDV Rotary-2 e SGDV Rotary-3 temos ligados à rede Ethernet/IP um módulo de 8DI/8DO, outro módulo de 16DI e um bloco de válvulas pneumáticas da SMC – EX260.

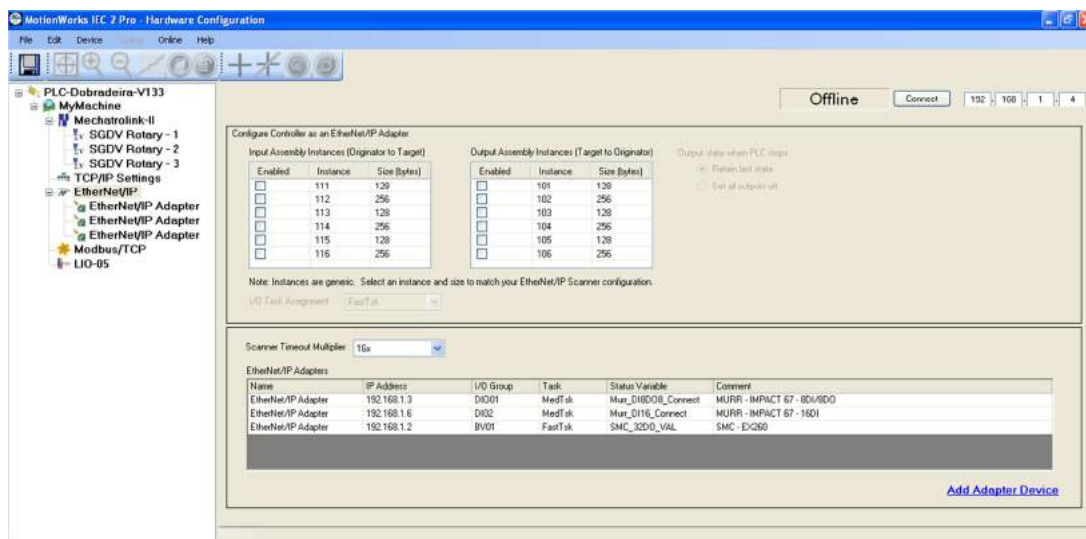


Figura37–Software Motion Works – Hardware configuration

Fonte: Autoria própria

A Figura 38 demonstra uma parte da tabela de parâmetros referente ao servo SGDV Rotary-1, que foi configurada para que ocorra o funcionamento adequado.

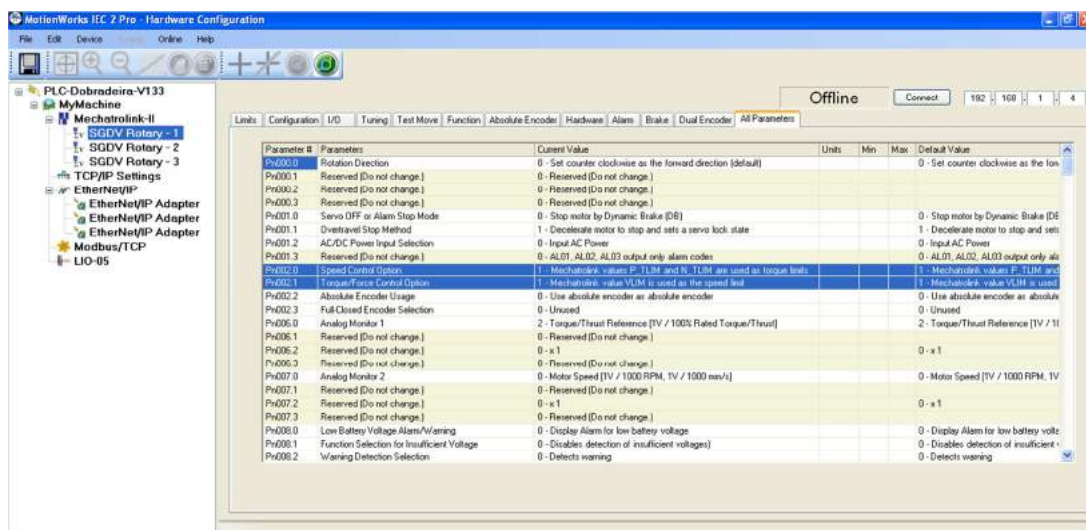


Figura38–Software Motion Works – Hardware configuration - Parâmetros

Fonte: Autoria própria

3.8.3 Scanner

Para a configuração do Scanner S300Mini[H], foi utilizado o software Sick CDS, que configura e possibilita fazer o diagnóstico. Para que essa aplicação atendesse a NR12 o método mais adequado foi a detecção da perna conforme a configuração feita na Figura 39.

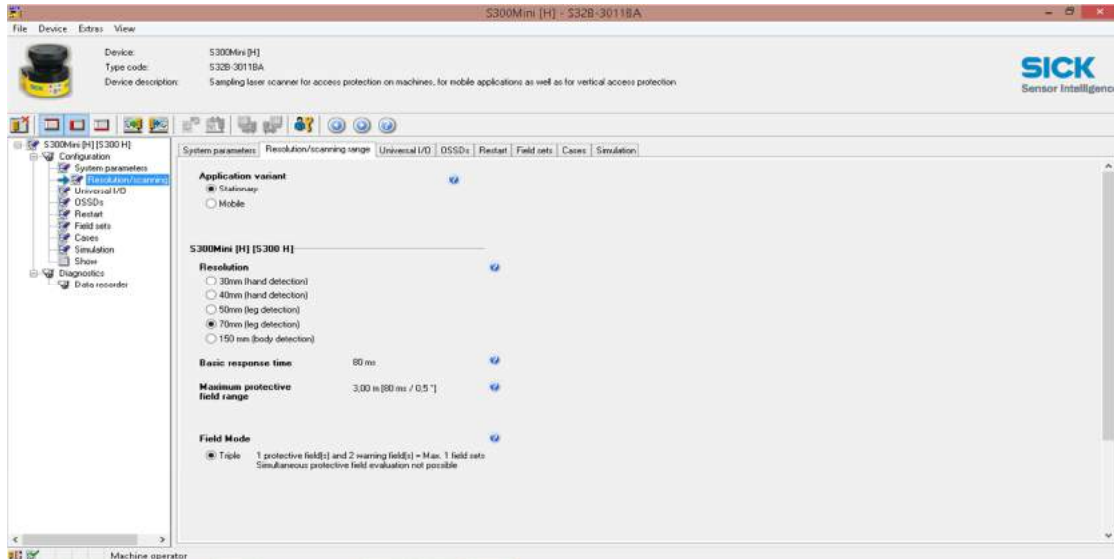


Figura39–Software Sick CDS - Resolução
Fonte: Autoria própria

Foram configuradas duas áreas, uma de alarme representada na cor amarela e outra de falha caso alguém a invada, que está representada na cor vermelha, conforme a Figura 40.

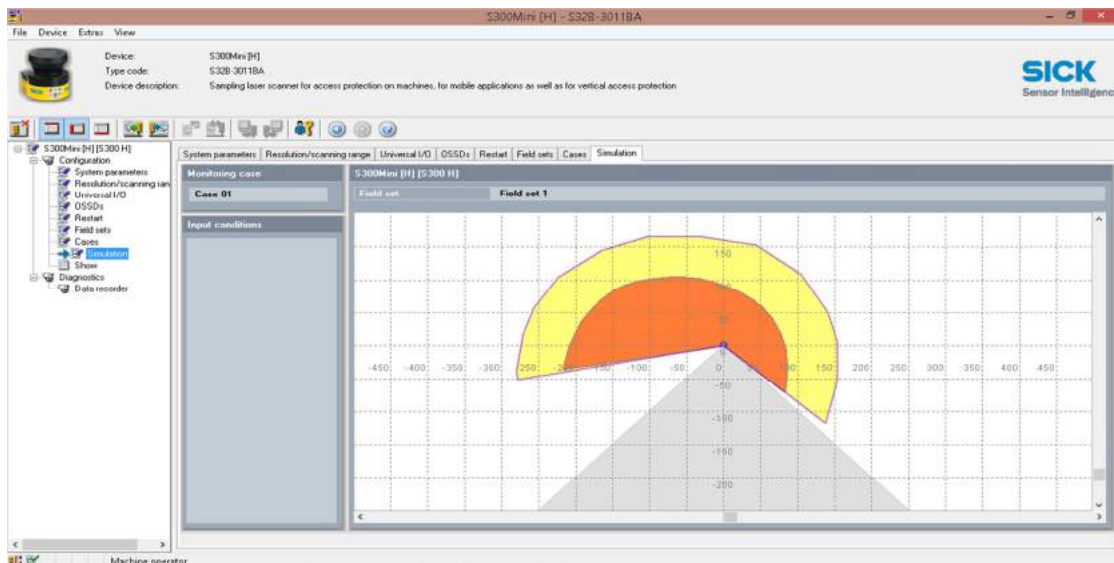


Figura40–Software Sick CDS - Aplicação
Fonte: Autoria própria

3.8.4 Controlador de Segurança

Através do controlador XS25-2 foi possível integrar todos os componentes de segurança. O diagrama da Figura 41 mostra a disposição desses componentes de entrada e saída de segurança no controlador.

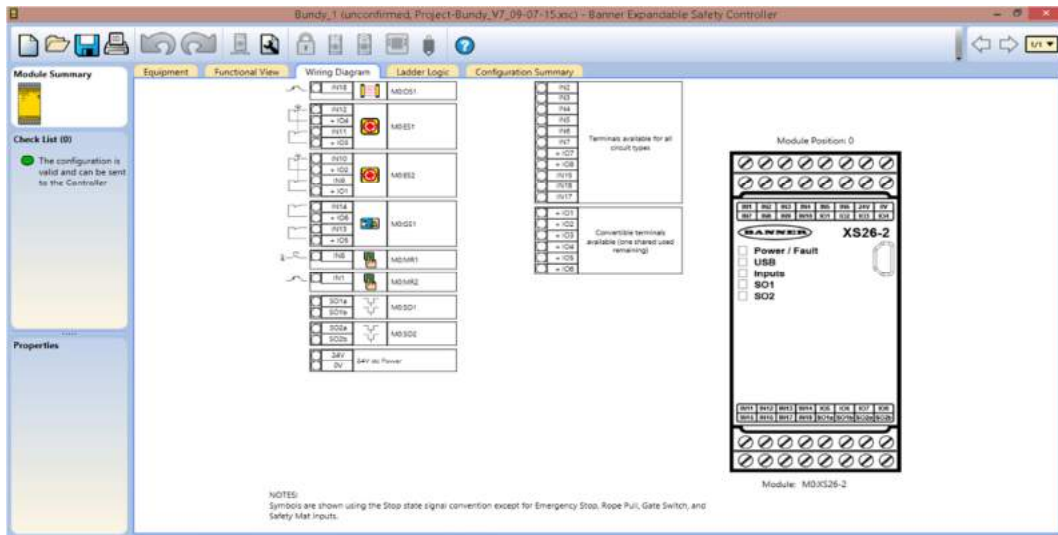


Figura41–Diagrama XS25-2 – Entradas e Saídas
Fonte: Autoria própria

O *software* Banner XS26, possibilitou a criação de uma função simples conforme a Figura 42 em que ao ocorrer qualquer acionamento, seja nos botões de emergência, atuadores magnéticos ou *scanner*, suas saídas são interrompidas parando imediatamente o dispositivo. Só é retomado o funcionamento após a liberação da falha e o acionamento do *reset* de segurança.

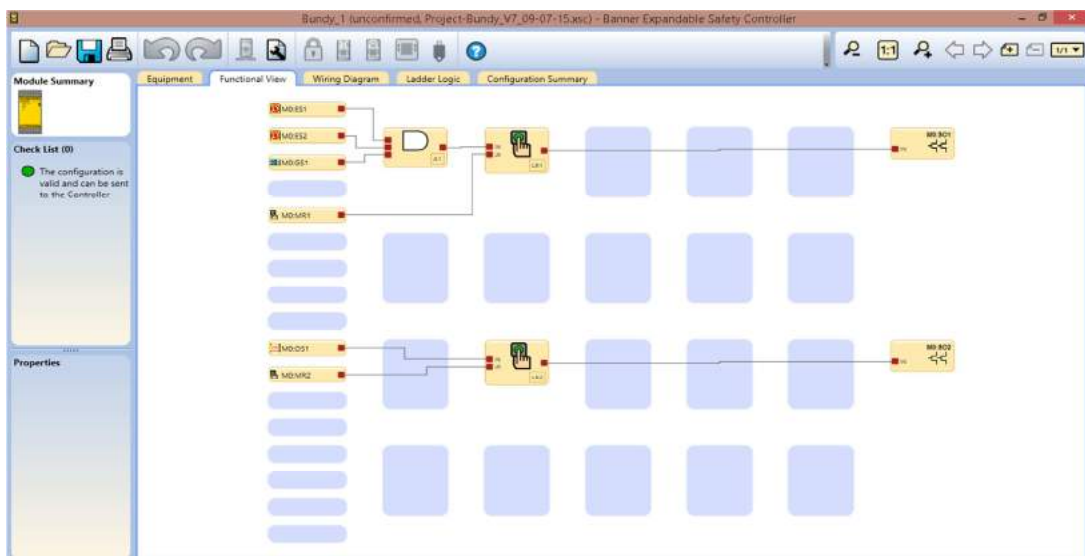


Figura42–Software Banner XS26 – Lógica de Segurança
Fonte: Autoria própria

3.8.5 IHM

A IHM eV104-TNT da Dakol é uma IHM de 10" *touchscreen* com comunicação em *Ethernet*. Através dela foi possível criar uma tabela de configuração permitindo ser criadas mais de cinquenta modelos, cada um com sua própria receita. A Figura 43 mostra essa tela.



CONFIGURAÇÕES DE MODELOS		
No.	0	1
MODELO	MODELO1	MODELO2
PRIMEIRA PUXADA	500.00	400.00
PUXADAS INTERMEDIÁRIAS	200.00	150.00
QUANTIDADE DE DOBRAS	25	31
TAMANHO TOTAL DA BARRA	7000.0	6800.0
REDUZ VELOCIDADE NA DOBRA	20	27
ESQUADRO À ESQUERDA	0.0	0.0
ESQUADRO À DIREITA	0.0	0.0
VELOCIDADE DE DOBRA [Deg/s]	120.0	150.0
SALVA		
MONITOR DE TUBOS:	<input type="checkbox"/> ATIVADO	PARADA AUTOMÁTICA PARA AMARRAÇÃO <input type="checkbox"/> DESATIVADO
QTD. MONITORADA:	<input type="text" value="10"/>	
MENU		

Figura43–IHM Dakol – Tela de Configurações de modelos

Fonte: Autorial própria

Uma vez que existem modelos salvos na memória, os mesmos podem ser selecionados e ativados pelo operador na tela do menu principal conforme a Figura 44.

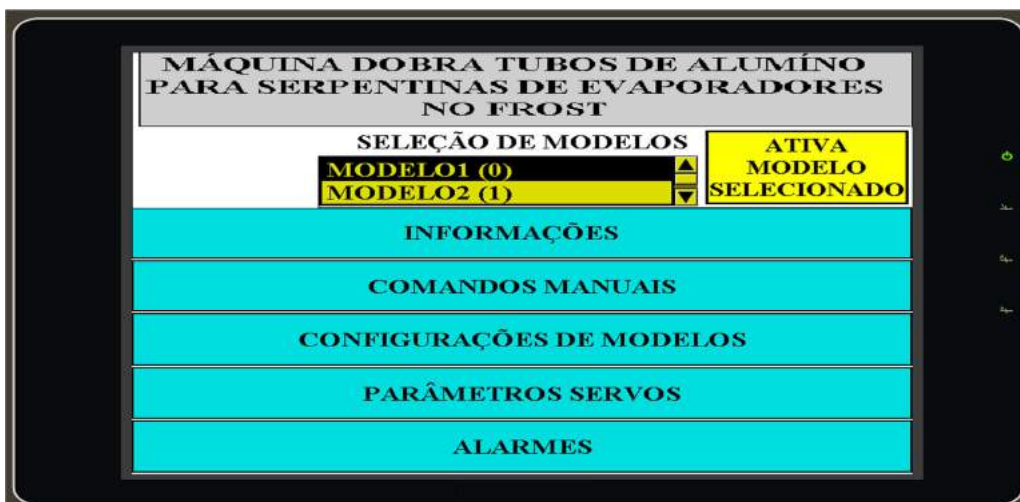


Figura44–IHM Dakol – Tela Menu Principal

Fonte: Autorial própria

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Automação foi efetuada de maneira que possibilitou cumprir com os objetivos estabelecidos, proporcionando que o dispositivo produza de forma eficaz. Ao fazer o comissionamento apenas o servo do alimentador necessitou de um pouco mais de atenção por estar apresentando uma vibração que emitia um som estridente. O problema foi corrigido fazendo os devidos ajustes nas configurações do mesmo. Mas a principal dificuldade foi a de sincronização do movimento do mordente hidráulico com o conjunto que rotacional pelo movimento do servo motor. Chegou-se à conclusão que se teria uma maior flexibilidade se utilizássemos para o movimento da garra uma válvula proporcional, permitindo que tivesse o controle da velocidade do giro de forma eletrônica da mesma forma que se tem com o servo motor. Entretanto o custo para aplicação de uma válvula assim inviabilizaria o projeto. Com isso utilizou-se reguladoras de fluxo que permitem através de um ajuste manual a sincronização. A interface homem máquina ficou bem intuitiva e fácil de ser navegada, possibilitando a flexibilização para a produção e a memorização das receitas criadas.

5 CONCLUSÕES FINAIS

A automação desse dispositivo poderia ser feita de várias formas. Entretanto partiu-se do princípio que a empresa já tinha técnicos na manutenção habituados a trabalhar com servos motores e controladores da marca Yaskawa assim como as IHM's da Dakol. O projeto foi elaborado de acordo com as normas regulamentadoras NR10 e NR12, proporcionado ao cliente ter um equipamento acima de tudo, seguro para os operadores de máquinas e dos técnicos de manutenção. Apesar de ser uma máquina complexa do ponto de vista da Automação o cliente ficou muito satisfeito com os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

BARROS, José L. P.; NIANG, Amadou N. **Segurança de máquinas e equipamentos de trabalho NR12**. 2012. Editora In-Fólio, 2012.

CAMARGO, Valter L. A.. **Elementos de Automação**. 2014. Editora Érica. São Paulo, 2014.

CASTRUCCI, Plinio.; MORAES, Cícero Couto. **Engenharia de Automação Industrial - 2ª Ed.** 2007. Editora LTC, 2007.

FESTO, **Manual Festo DidactTac**. 2002. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA4h8AF/pneumatica-basica?part=7>> Acesso em: 23 mar. 2016.

GOMES, **Elementos de trabalhos pneumáticos**. 2005. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B3TrTWnK9axAUjhvRIVZLVpqQmM/view?pref=2&pli=1>> Acesso em: 28 mar. 2016.

HAFNER, Angelo A.. **Construção dos motores de indução**. 2009. UNOESC.

HENRIQUE, Fabio.; FLORIA, Vivian. **Hidráulica**. 2013. Artigo Indústria Hoje.

PATSKO, Luís Fernando. **Tutorial Aplicações, funcionamento e utilização de sensores**, 2006.

POTAL. **Pirâmide da Automação**. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-revista/343-xxxx.html>>. Acesso em: 22 mar. 2016

ROCKWELL Automation. **Medidas de proteção e equipamento complementar**. Disponível em: <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7131359/print.html>>. Acesso em: 15 mar. 2016

SMC, **Catálogo completo**. 2013.

TOYOTA. **Motor imã permanente**. Disponível em: < <http://blog.toyota.nl/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

YASKAWA. **Manual controlador MP2000**. Disponível em: <<https://www.yaskawa.com/pycprd/products/machine-controllers/software-tools/motionworks-iec/tab3/link30>>. Acesso em: 20 mar. 2016

Apêndice I – Fotos

Máquina



Imagem 1 – Máquina
Fonte: Autoria própria

Painel principal

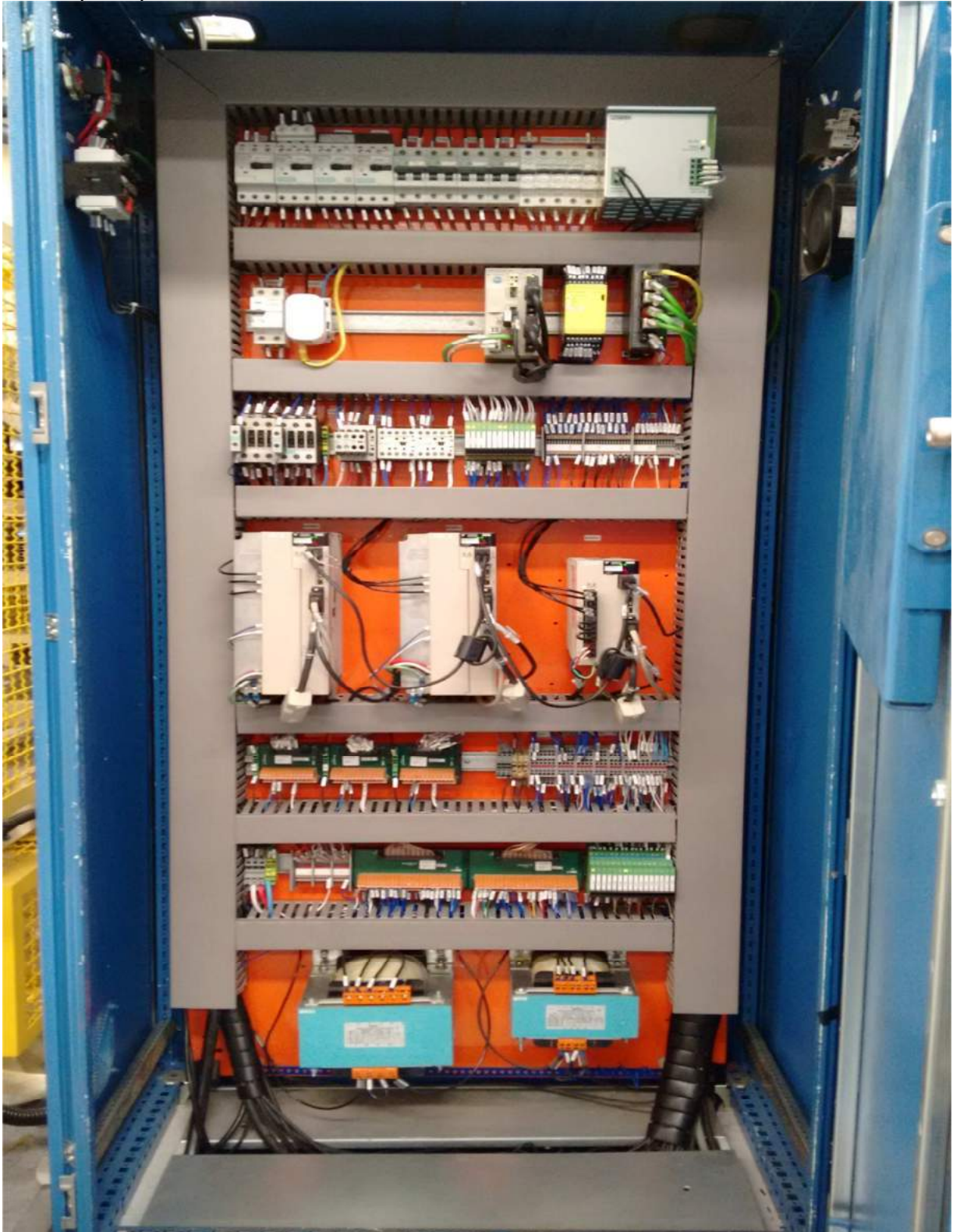


Imagem 2 – Painel Principal
Fonte: Autoria própria

Painel de Comando



Imagem 3 – Painel de comando
 Fonte: Autoria própria

Bloco de válvulas



Imagem 4 – Bloco de Válvulas
Fonte: Autoria própria

Distribuidor



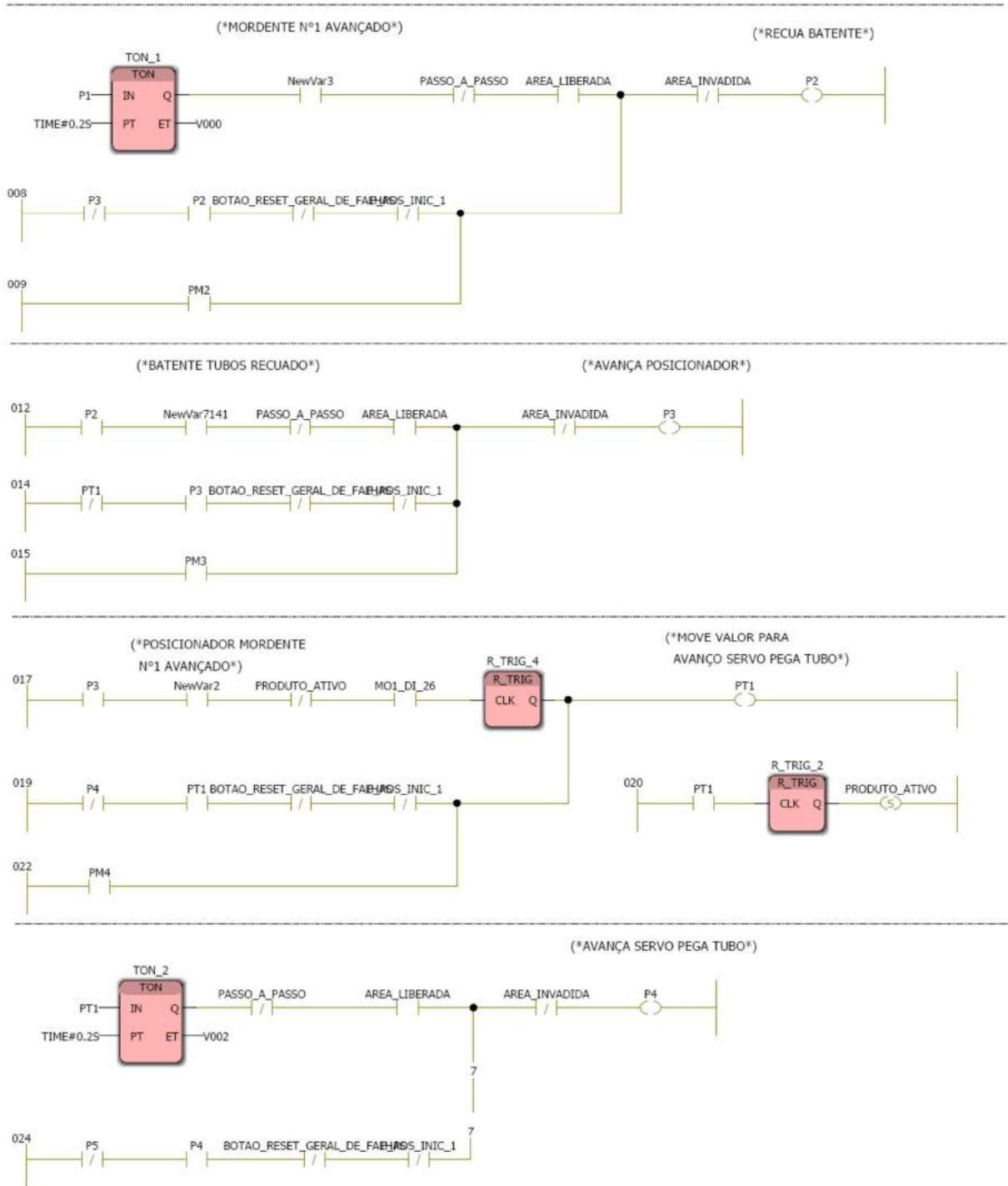
Imagem 5 – Distribuidor
Fonte: Autoria própria

Scanner



Imagem 6 – Scanner
Fonte: Autoria própria

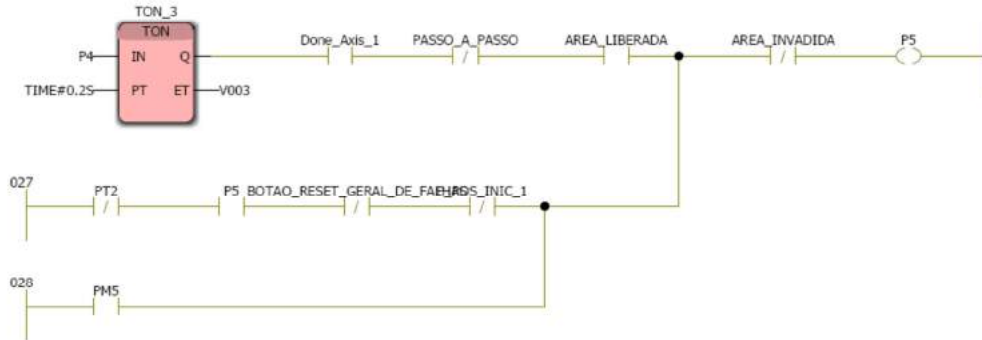
Apêndice II – Software PLC Alimentador



(*MONITOR
1nd ÁREA*)

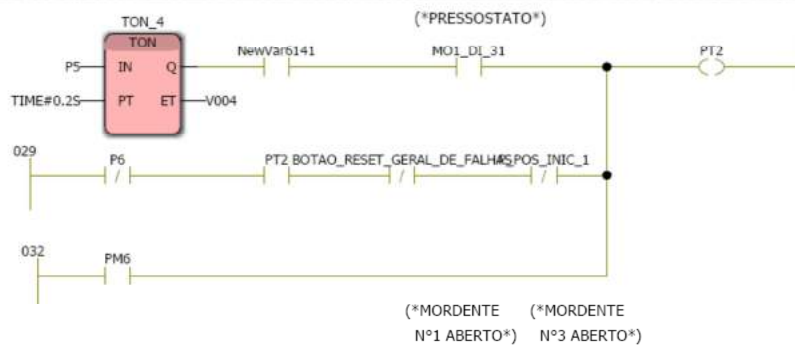
(*SERVO POSICIONADO*)

(*FECHA MORDENTE SERVO*)

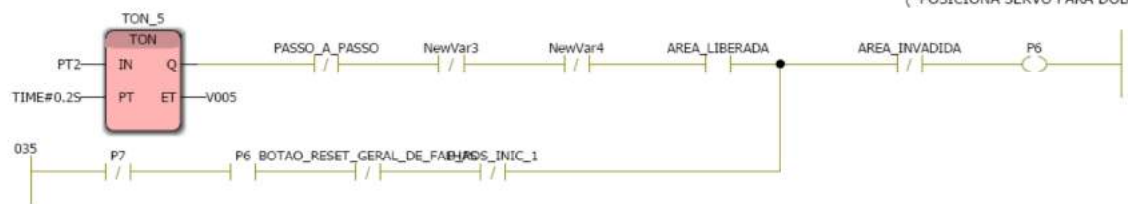


(*MORDENTE Nº2 FECHADO*)

(*MOVE VALOR SERVO PARA DOBRA*)

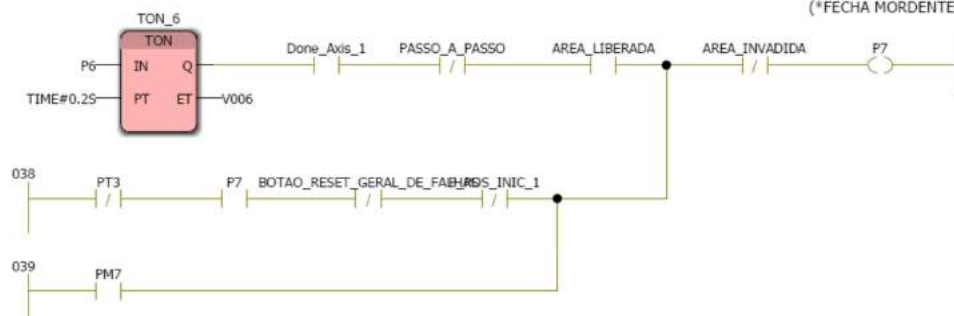


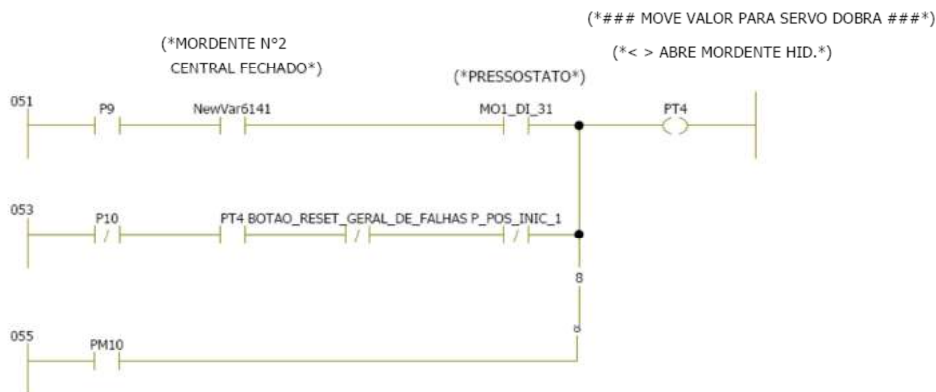
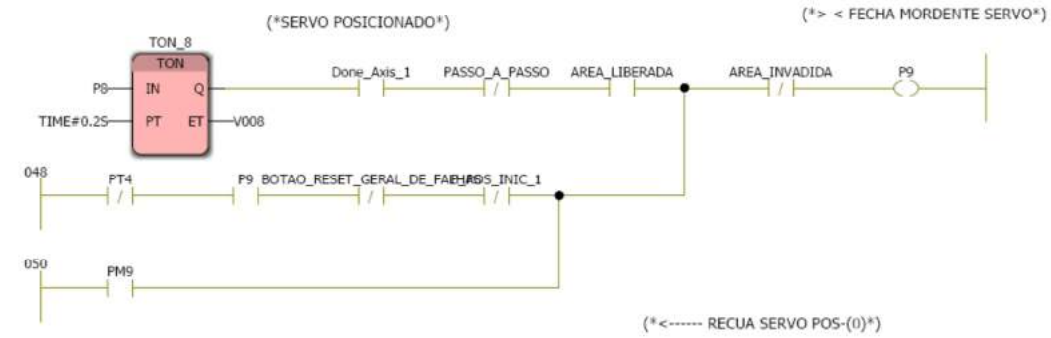
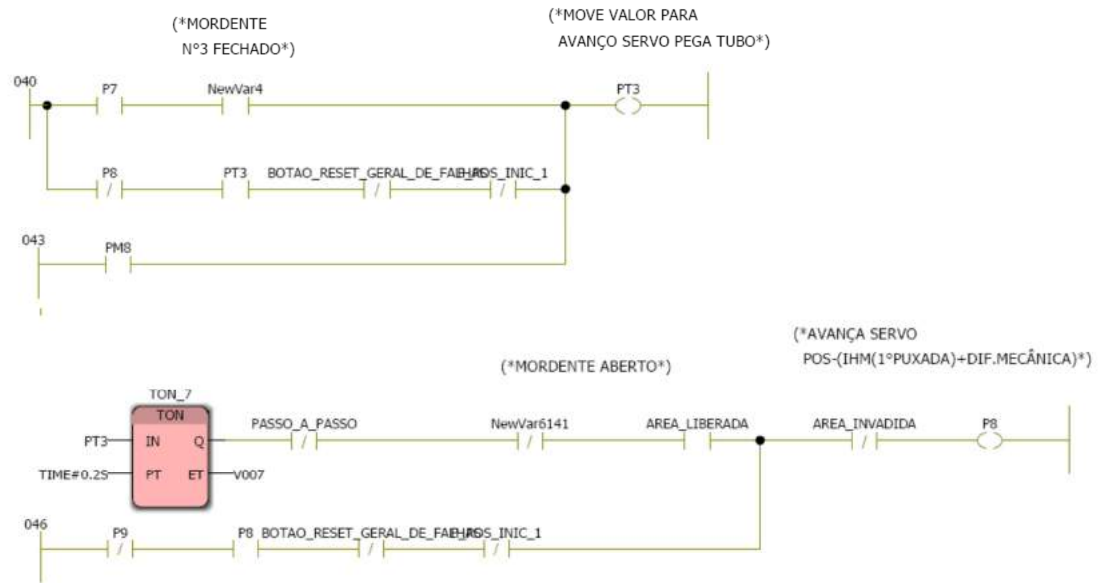
(*POSICIONA SERVO PARA DOBRA*)

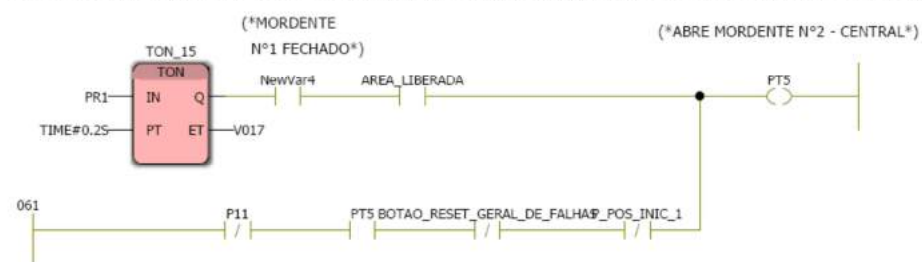
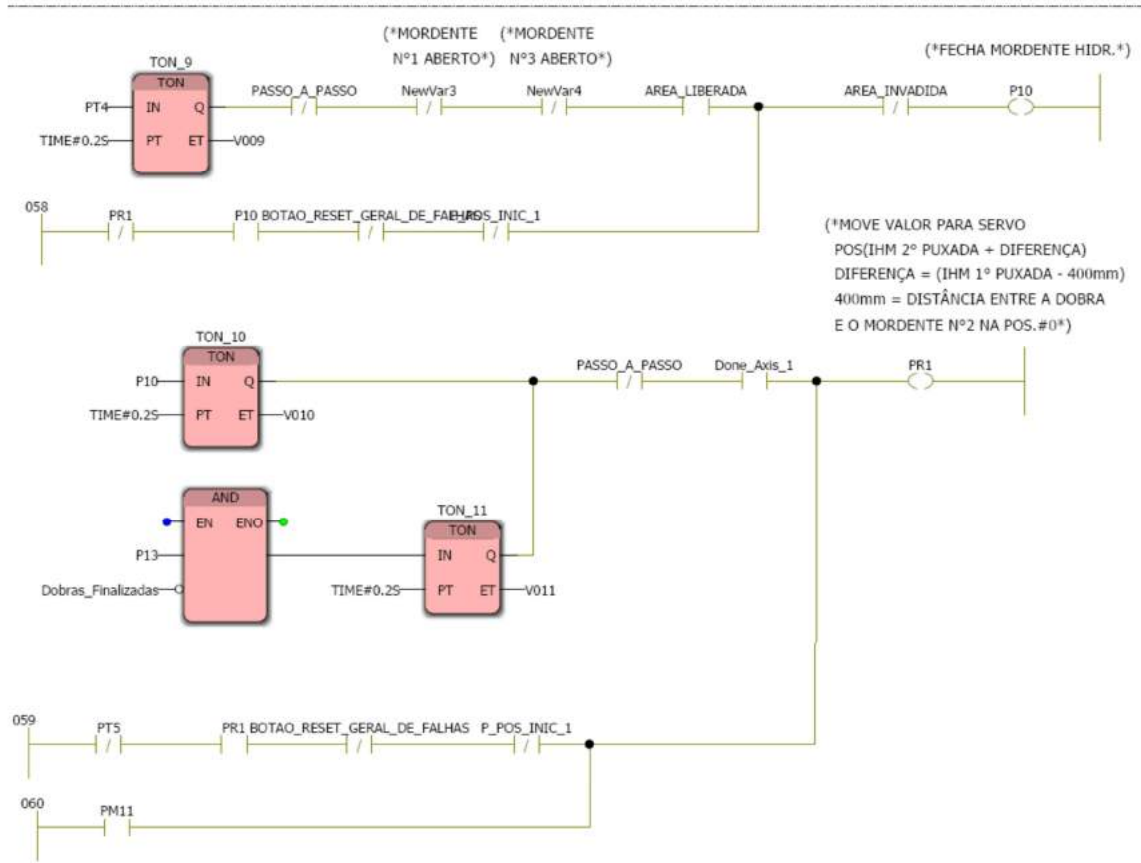


(*SERVO POSICIONADO*)

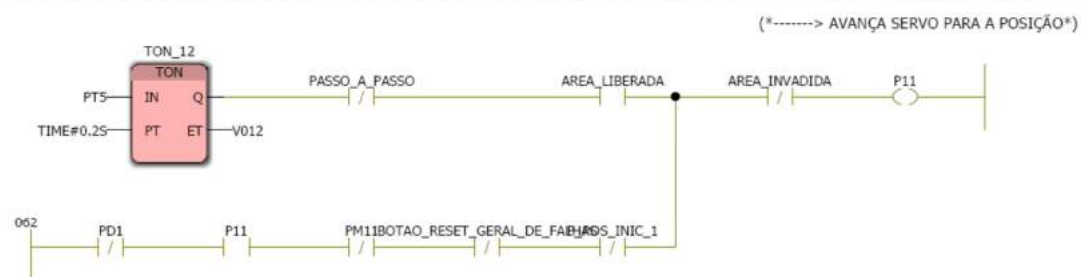
(*FECHA MORDENTE HID.*)



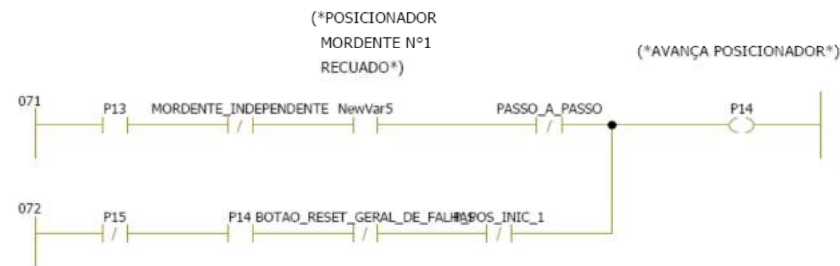
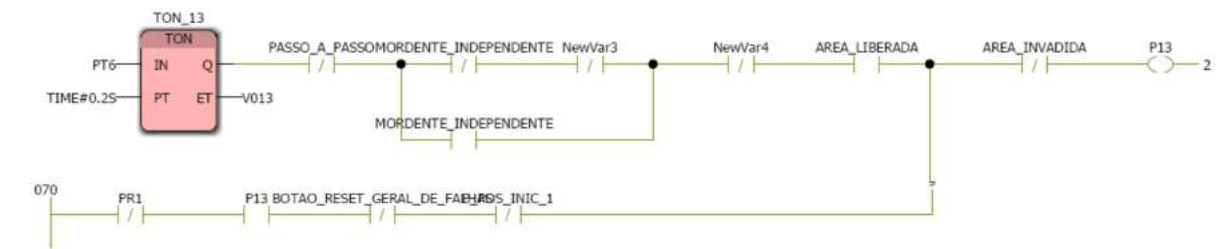
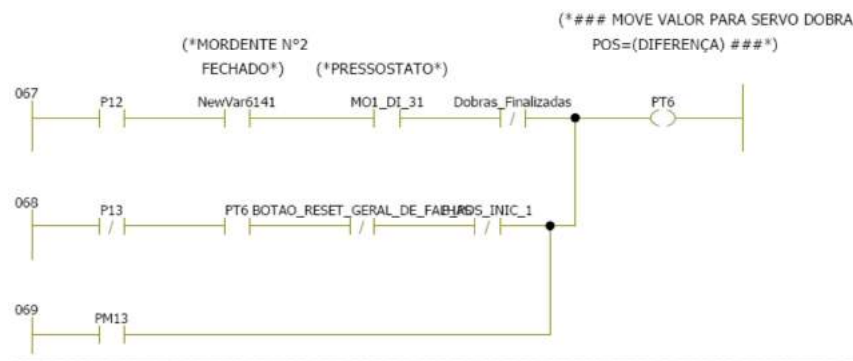
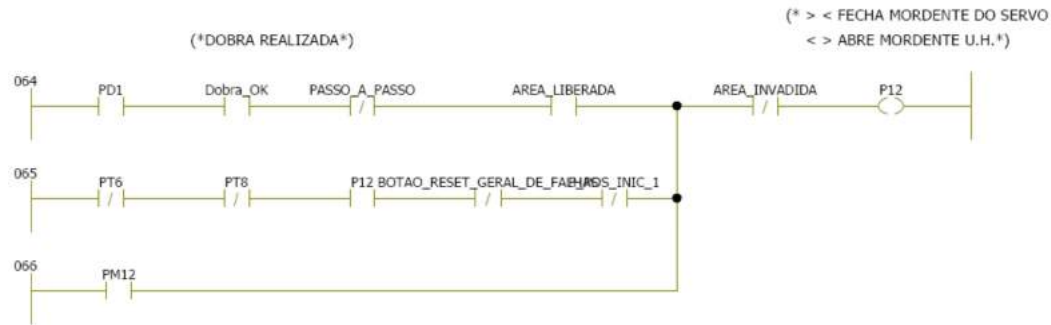
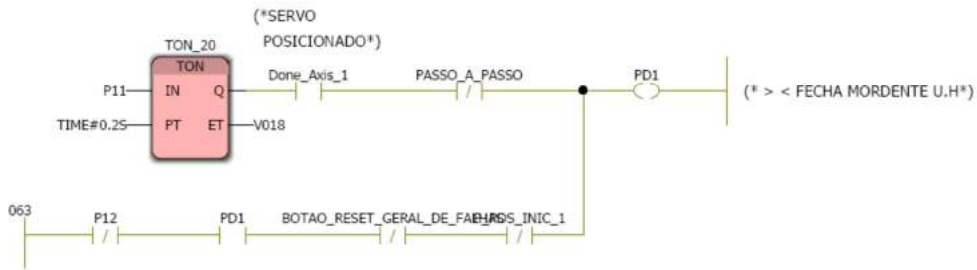


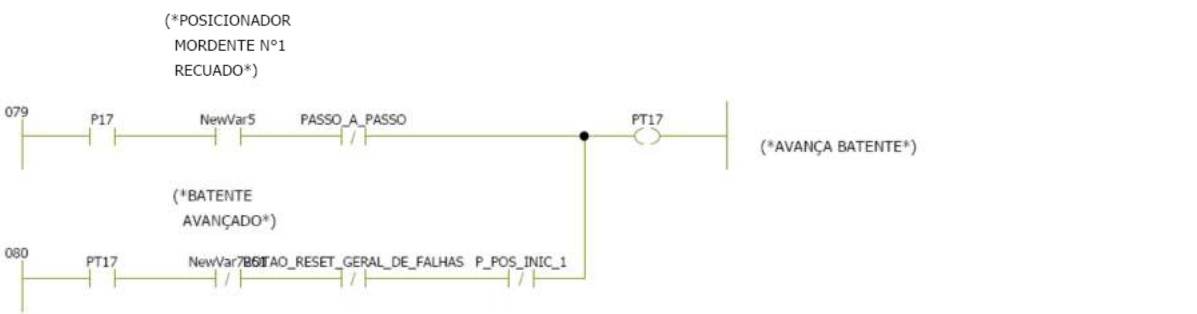
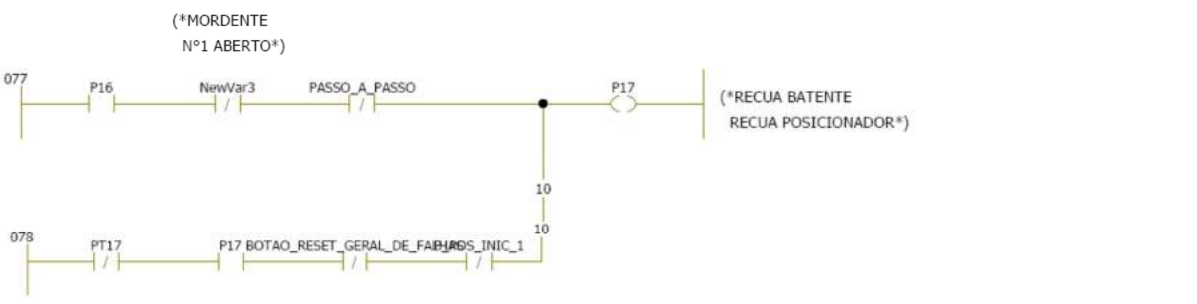
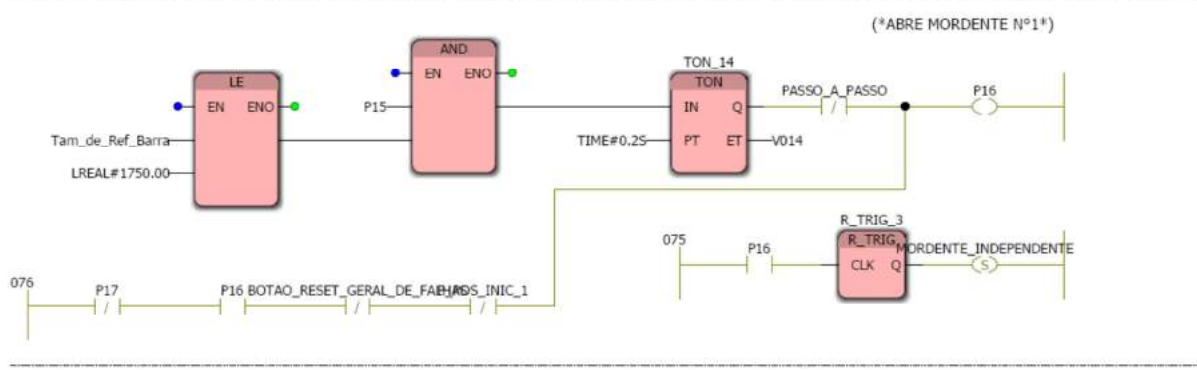


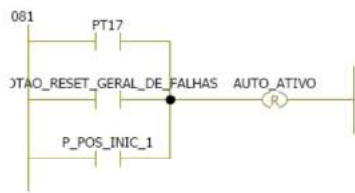
(*MOVE VALOR PARA POSICIONAMENTO <-----*)



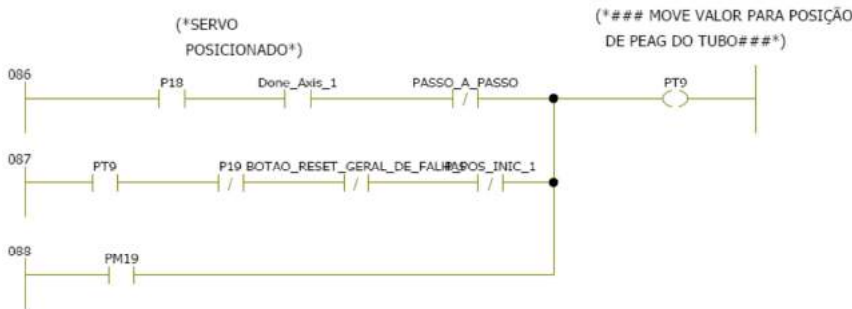
(*MOVE VALOR PARA PRIMEIRA PEGA ----->*)



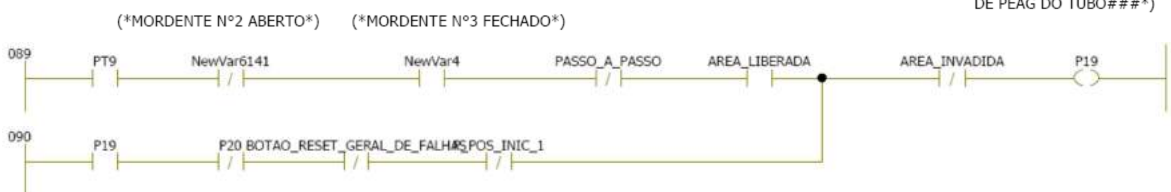


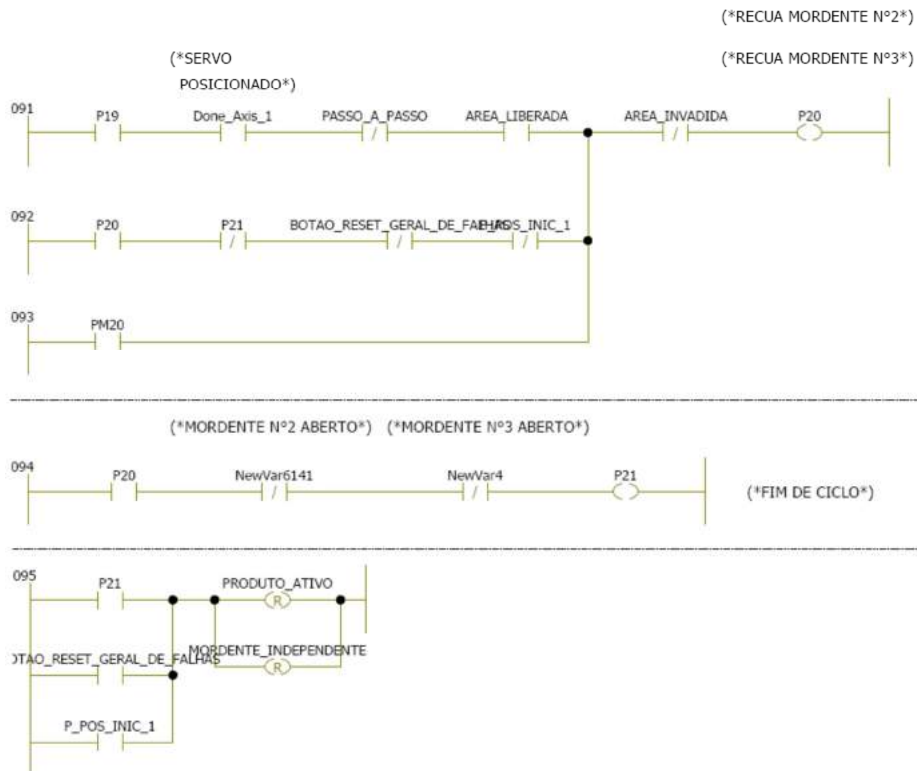


(*## MOVE VALOR PARA SERVO DOBRA POS=0*)



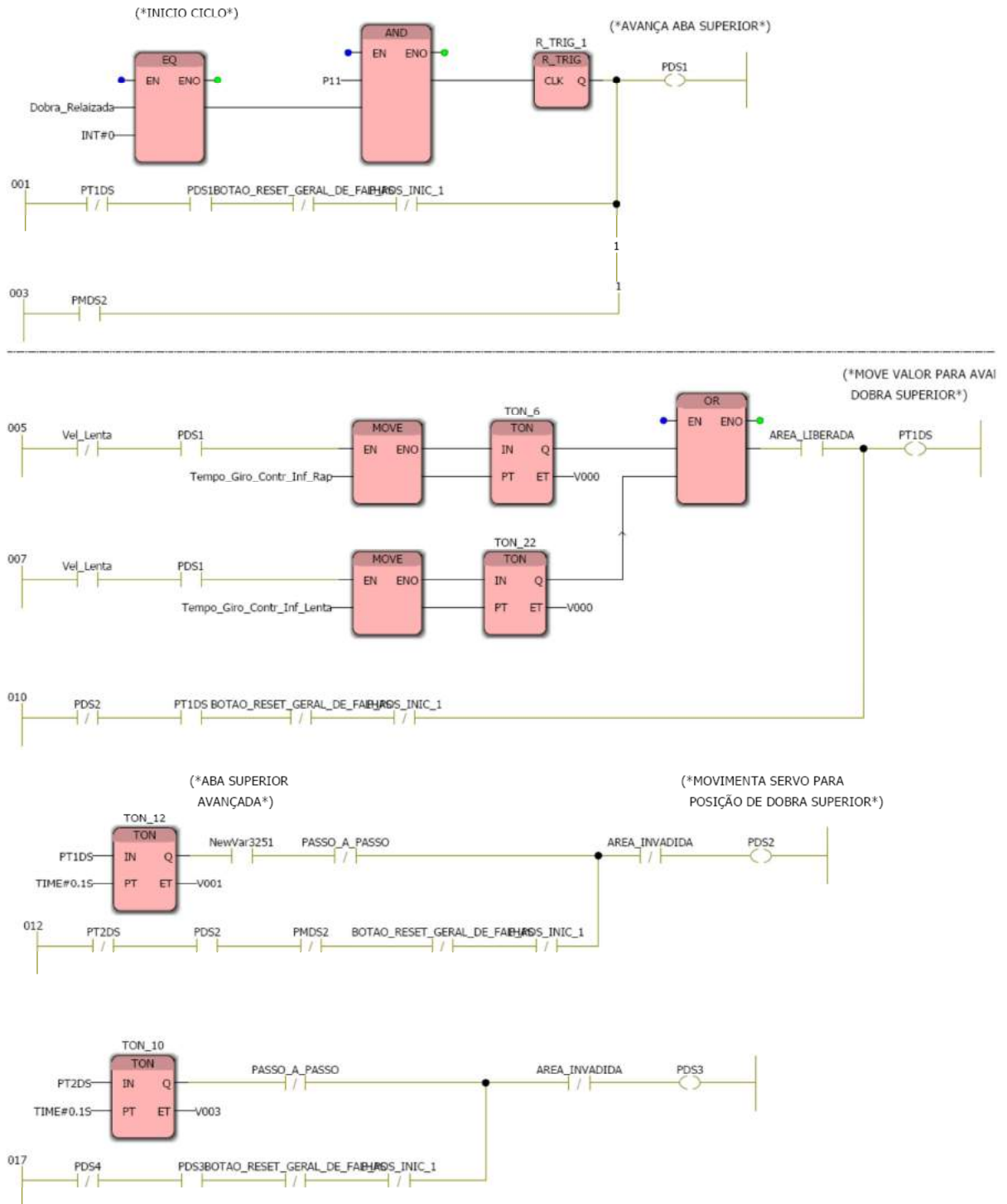
(*## MOVE SERVO PARA POSIÇÃO DE PEAG DO TUBO##*)

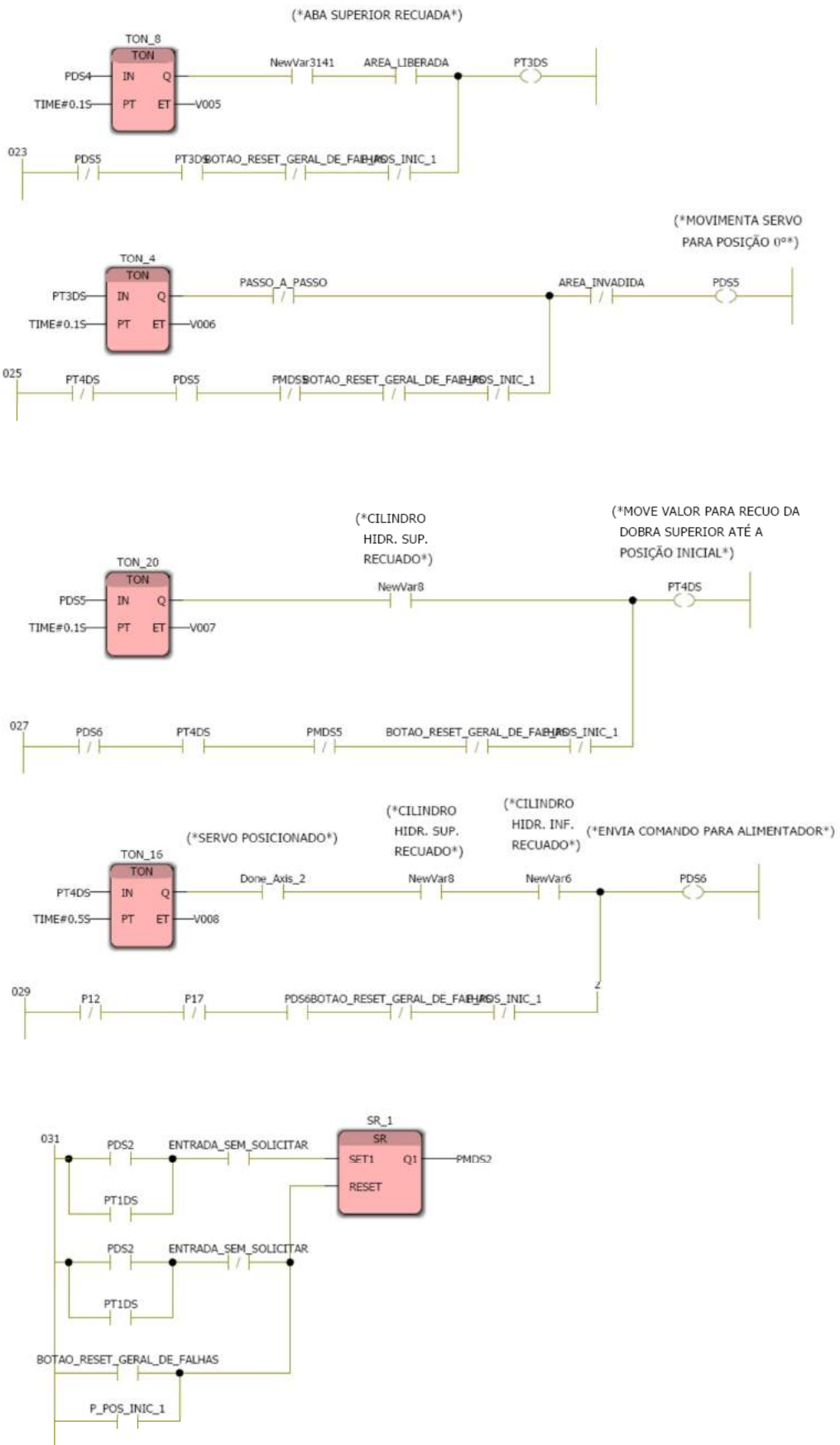


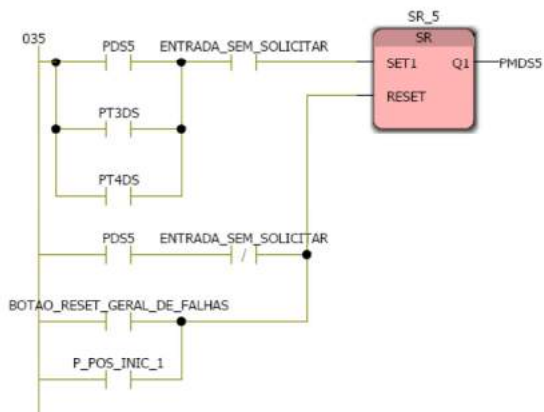
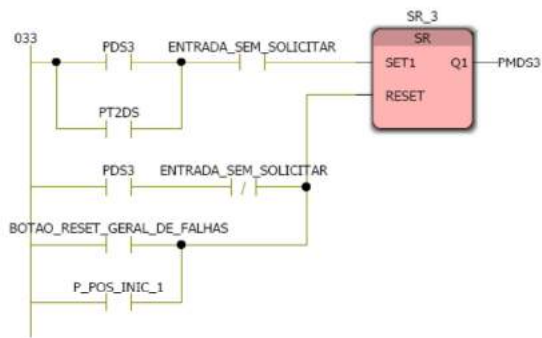


Apêndice III –Software PLC Dobras

(***** DOBRAS SUPERIOR *****)







(*CONTADOR TOTAL DE DOBRAS EXECUTADAS*)

