

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA**

GEORGE COSTA BRAGA

**MODERNIZAÇÃO DO COMANDO ELÉTRICO DE UMA MÁQUINA DE SERRA
UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE CABEÇOTES DE MOTOCICLETAS DE UMA
EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

Manaus
2016

GEORGE COSTA BRAGA

**MODERNIZAÇÃO DO COMANDO ELÉTRICO DE UMA MÁQUINA DE SERRA
UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE CABEÇOTES DE MOTOCICLETAS DE UMA
EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Fábio de Sousa Cardoso, Dr.

Manaus
2016

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

Cleinaldo de Almeida Costa

Vice-Reitor:

Mário Augusto Bessa de Figueiredo

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Roberto Higino Pereira da Silva

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Claúdio Gonçalves

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Fábio de Sousa Cardoso, Dr.

Prof. Jozias Parente, Dr.

Prof. Angilberto Muniz, Msc.

Data da defesa: 06/06/2016

CIP – Catalogação na Publicação

Costa Braga, George

Modernização do Comando Elétrico de uma Máquina de Serra Utilizada na Fabricação de Cabeçotes de Motocicletas de uma Empresa do Polo Industrial de Manaus / George Costa Braga; orientado por Fábio Cardoso. – Manaus: 2016. 26 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica).
Universidade do Estado do Amazonas, 2016.

1.Retrofit 2.Controlador Lógico Programável 3.Inversor de Frequência
4.Encoder 5.Interface Homem Máquina 6.Relés de comando
7.Indicadores de Manutenção I. Cardoso, Fábio.

GEORGE COSTA BRAGA

MODERNIZAÇÃO DO COMANDO ELÉTRICO DE UMA MÁQUINA DE SERRA
UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE CABEÇOTES DE MOTOCICLETAS DE UMA
EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: _____ (_____)

Aprovada em ____/____/____.

Área de concentração: Fundamentos de Automação.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Fábio Cardoso, Dr.

Avaliador: Jozias Parente, Dr.

Avaliador: Angilberto Muniz, Msc.

Manaus
2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me abençoado e me guiado durante essa caminhada até chegar nesta grande etapa da minha vida.

Agradeço aos meus pais, que não mediram esforços e me proporcionaram a melhor educação possível. Dedico a conclusão desse curso à eles, por todo amor incondicional.

Agradeço ao meu orientador, Fábio Cardoso, que sempre demonstrou disposição e paciência para tirar todas as minhas dúvidas.

Agradeço ao meu supervisor, Sherman Vitorino, por me conceder todos os dados necessários para tornar esse trabalho possível, além de ter depositado total confiança para a realização desse projeto.

Agradeço aos meus companheiros de trabalho, Marcos Oliveira e Alessandro Soares por toda ajuda e também por me proporcionarem uma grande evolução profissional e pessoal.

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los”.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta um trabalho de *retrofit* realizado em uma máquina de serra de uma empresa de motocicletas do Polo Industrial de Manaus. Neste trabalho foi implantado um novo comando elétrico utilizando novas tecnologias existentes no mercado, em uma máquina que possui um sistema de comando obsoleto que influencia diretamente a sua produtividade. A pesquisa aborda temas, tais como: controlador lógico programável, inversor de frequência, *encoder*, interface homem máquina, relés de comando, entre outros. O trabalho apresenta a diminuição de indicadores de manutenção e do tempo de processo realizado pela máquina. O projeto em questão foi desenvolvido em ambiente fabril e teve como resultado final sua validação na linha de processo da fabricação de cabeçotes da empresa.

Palavras-chaves: *retrofit*. controlador lógico programável. inversor de frequência. *encoder*. interface homem máquina. relés de comando. indicadores de manutenção.

ABSTRACT

This research presents a retrofit work in a saw machine of a motorcycle company in the industrial pole of Manaus. The study seeks to deploy a new electrical command by using update with new technologies Market in a machine has outdated command system that directly influences your productivity. The research covers topics such as: programmable logic controller, frequency inverter, encoder, Human Machine Interface, relays of control, among others. This work presents the decreased maintenance indicators and the process time performed by the machine. The project in question was developed in manufacturing environment and had the end result in the validation process line manufacturing company heads.

Keywords: retrofit. programmable logical controller. frequency inverter. encoder. man-machine interface. relays of control. indicators maintenance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Acumulado anual de vendas de motocicletas da Empresa no Brasil.
- Figura 02 – Layout do setor de fundição do cabeçote.
- Figura 03 – Corte do alumínio localizado na base inferior do cabeçote.
- Figura 04 – Tempos de máquina parada na fundição no ano de 2014.
- Figura 05 – CLP Mitsubishi utilizado no trabalho.
- Figura 06 – Arquitetura básica de um CLP.
- Figura 07 – Princípio de funcionamento do CLP.
- Figura 08 – Operador fazendo uso da IHM para intervir no processo.
- Figura 09 – Comunicação Direta CLP-IHM.
- Figura 10 – Funcionamento do Encoder Absoluto.
- Figura 11 – Mudança de bits em um disco de encoder.
- Figura 12 – Inversor de Frequência Allen-Bradley Powerflex 523 utilizado no trabalho.
- Figura 13 – Diagrama resumido de um inversor de frequência.
- Figura 14 – Estrutura simplificada de um relé.
- Figura 15 – Relé de comando da marca Finder utilizado no projeto.
- Figura 16 – Intensidade de quebra do ano de 2013.
- Figura 17 – Intensidade de quebra do ano de 2014.
- Figura 18 – Indicador MTTR do ano de 2013.
- Figura 19 – Indicador MTTR do ano de 2014.
- Figura 20 – Localização do antigo e do novo painel elétrico da máquina.
- Figura 21 – Situação do antigo painel elétrico da máquina.
- Figura 22 – Novo painel elétrico montado.
- Figura 23 – Sistema de posicionamento anterior feito por micros.

Figura 24 – Sistema de posicionamento atual feito por encoder.

Figura 25 – Decodificador do encoder instalado no painel.

Figura 26 – Esquema de ligação do decodificador.

Figura 27 – Ilustração das regiões de trabalho da serra.

Figura 28 – Fluxograma do sistema de segurança

Figura 29 – Fluxograma do funcionamento em modo automático.

Figura 30 - Lógica para retorno do arco da serra.

Figura 31 – Bornes de ligação do inversor de frequência.

Figura 32 – Tela Principal da IHM.

Figura 33 – Tela de Histórico de alarmes.

Figura 34 – Tela de Produção.

Figura 35 – Tela Set Processo.

Figura 36 – Tela de Manutenção.

Figura 37 – Tela de Sistema de Segurança.

Figura 38 – Tela diversos.

Figura 39 – Indicador de intensidade de quebra após a modernização.

Figura 40 – Indicador de MTTR após a modernização.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REFERENCIAL TEÓRICO	16
1.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	16
1.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	17
1.2.1 A Arquitetura de um CLP.....	18
1.2.2 Princípio de funcionamento.....	19
1.3 IHM - INTERFACE HOMEM MÁQUINA.....	20
1.3.1 A Comunicação direta IHM – CLP.....	21
1.4 ENCODER.....	22
1.5 INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	24
1.6 RELÉS.....	26
1.6.1 Relés de estado sólido (Tipo SLIM).....	27
2 METODOLOGIA	29
3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	30
3.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO DA MÁQUINA COM O SISTEMA OBSOLETO	30
3.2 DIMENSIONAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PAINEL ELÉTRICO	35
3.3 SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR ENCODER	38
3.4 LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA.....	41
3.5 PARAMETRIZAÇÃO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	46
3.6 PROGRAMAÇÃO DA IHM	48
4 RESULTADOS OBTIDOS	52
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICE A – ALGORITMO EM LADDER DA MÁQUINA DE SERRA	58
APÊNDICE B – ESQUEMA ELÉTRICO DO PAINEL DE COMANDO	65

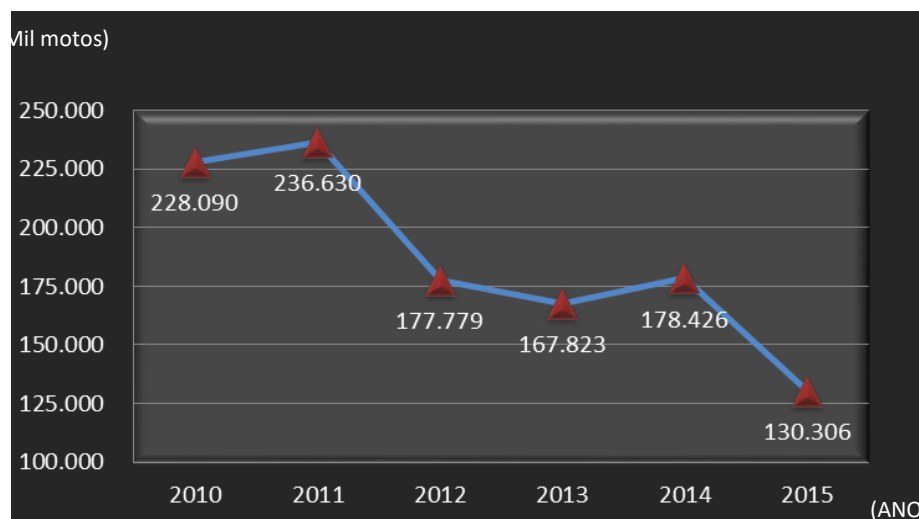
INTRODUÇÃO

No ambiente fabril, cresce a cada dia a preocupação das empresas em chegar a um produto final buscando ao máximo diminuir os gastos envolvidos durante sua fabricação, desde a aquisição de matéria prima, passando pelo desenvolvimento de diferentes formas de produção, até a venda do produto. As multinacionais buscam maior eficiência na produção, pois necessitam de recursos para acompanhar o desenvolvimento mundial, e dessa forma se manter competitivo no mercado.

Além da comum preocupação com a lucratividade por parte das empresas, o cenário econômico atual só intensifica a busca de melhorias nos processos produtivos.

Observando a figura 01, a partir de dados da Abraciclo (2016), site que informa anualmente dados referentes às vendas de motocicletas, é possível constatar como elas apresentam uma enorme diminuição nos últimos anos, acompanhando a situação preocupante que o país vem passando economicamente.

Figura 01 – Acumulado anual de vendas de motocicletas da Empresa no Brasil.



Fonte: Próprio Autor.

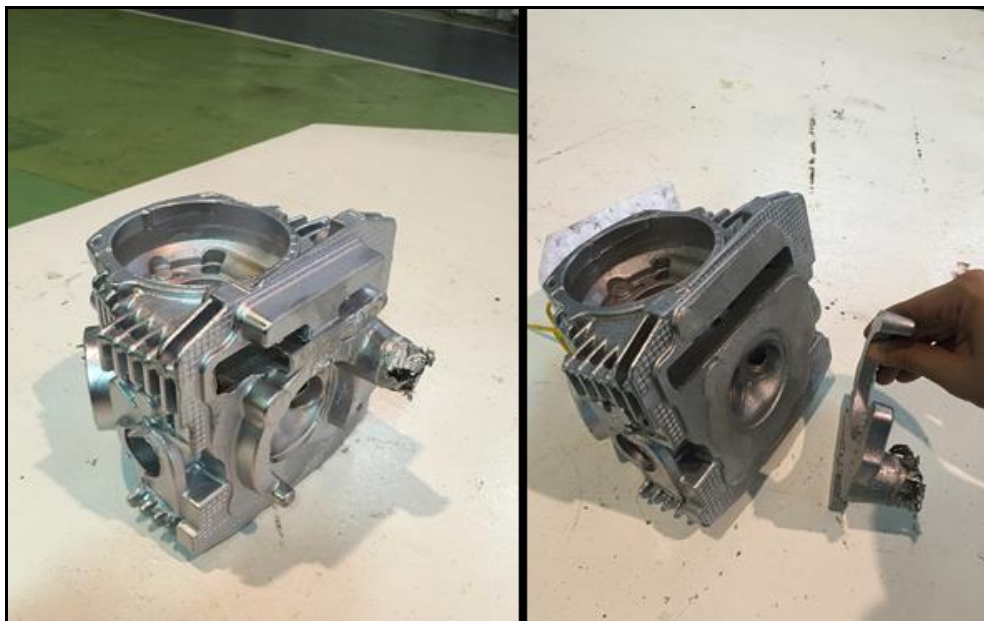
Dentro desse panorama, o presente trabalho visa a aplicação de um *retrofit* do comando elétrico de uma máquina de serra, que está localizada no setor de fundição de uma empresa do polo de duas rodas, com sede no Distrito Industrial de Manaus, que ocupa no momento o posto de segunda maior fabricante de motocicletas no Brasil.

O termo *retrofit* (reforma) em equipamentos, máquinas ou sistemas é um procedimento moderno, efetivo e com custo inferior ao de novas aquisições. A empresa Siemens detalha o significado desse termo:

O *retrofit* de máquinas, também conhecido como reforma ou modernização, é muitas vezes a solução para empresas que desejam dar uma “sobrevida” para máquinas antigas, mantendo suas características periféricas, com perfeito estado de conservação mecânica. Basicamente no *retrofit*, há a troca dos comandos eletrônicos por outros de última geração, troca de peças antigas por novas e também de componentes e acionamentos antigos por modernos e mais confiáveis. (SIEMENS, 2009).

A máquina em estudo está localizada no setor de fundição, onde são produzidas todas as partes constituintes do motor das motocicletas. A sua função na linha é eliminar uma sobra de alumínio, denominada massalote, que está localizada na parte inferior do cabeçote do motor, demonstrado do lado direito na figura 03.

Figura 03 – Corte do alumínio localizado na base inferior do cabeçote.



Autor: Próprio autor.

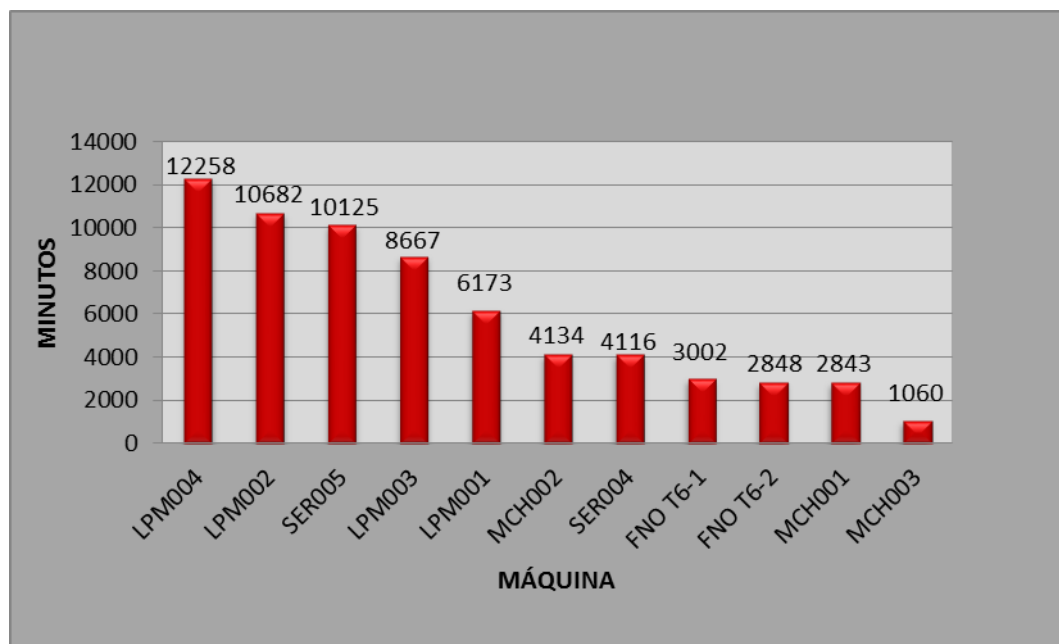
A eliminação do massalote, identificado na figura 03, possui grande importância no decorrer do processo, pois ele existe para armazenar todas as impurezas do alumínio resultantes do processo de injeção. Além do mais, ocorre o encaixe nessa região do cabeçote com outra parte do motor, o cilindro.

Anteriormente a máquina apresentava uma grande dificuldade para atender a demanda de peças exigidas, sendo continuamente sobrecarregada para alcançar as metas de produção, muito devido ao longo tempo que a máquina levava para fazer o corte do massalote.

Existe um grande problema por parte do setor de manutenção no momento de corrigir essas frequentes falhas, por não existir nenhum dispositivo de interação que facilite o diagnóstico dos defeitos.

A figura 04 mostra que a máquina de Serra em estudo (SER005), é a terceira com maior tempo de parada do setor de fundição. Essas frequentes paradas se dão pelo fato da máquina já possuir um longo tempo de uso, possuindo equipamentos obsoletos de difícil reposição, e que muitas das vezes já estão no fim da sua vida útil. Com isso, o mantenedor se vê muitas vezes na obrigação de fazer adaptações no circuito de comando para que a máquina volte a funcionar e assim não deixar a linha parada, sendo que o mesmo por possuir características ultrapassadas demanda longo tempo para a realização dessas manutenções.

Figura 04 - Tempos de máquina parada na fundição no ano de 2014.



Fonte: SGPI (Sistema de Gestão de Processos Industriais).

A partir desses problemas encontrados na máquina definiu-se como hipótese nesta pesquisa, que é possível aumentar a produtividade da máquina substituindo o comando elétrico antes composto por contadores e relés antigos, a partir de uma lógica em *ladder* para controle de giro e avanço de corte utilizando um CLP FX3G-4M e uma IHM GOT1000 do fabricante MITSUBISHI, por uma tecnologia moderna utilizando um inversor de frequência Powerflex523 de marca Allen-Bradley no motor da serra, e um encoder OMRON H8PS para monitorar a posição de avanço.

Como objetivo foi estabelecido o projeto e desenvolvimento de um controle de giro e avanço de corte agregando nova tecnologia à máquina de serra, na oficina de reforma da empresa e no próprio posto onde a máquina se encontra, utilizando um *encoder* para monitorar o deslocamento da serra e um inversor de frequência para aumentar a velocidade durante o corte da peça, além do desenvolvimento de um programa em *ladder* que atenda todas as necessidades da máquina diminuindo o tempo de processo. Substituir o antigo comando elétrico inserindo um Controlador Lógico Programável e uma IHM, e adequar a máquina à norma regulamentadora de segurança de máquinas e equipamentos elétricos NR-12.

Além disso, o projeto se justificou pela aplicação de estudos das disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, tais como: Máquinas Elétricas, Rede de Comunicações de Dados, Fundamentos de Automação, Sistemas de Controle I, Gestão da Manutenção, Introdução à Economia.

A estrutura desta monografia está desenvolvida da seguinte forma:

- Apresenta-se uma breve introdução com o intuito de situar o leitor no contexto do trabalho de pesquisa bem como permitir uma visão geral do que será abordado;
- No capítulo 1, trata-se do referencial teórico onde foram listados os principais conhecimentos e tecnologias necessárias à execução deste trabalho. Este capítulo contém alguns subcapítulos, onde cada um menciona uma tecnologia importante para o projeto;
- O capítulo 2 relata a metodologia e os materiais complementares utilizados na construção do projeto;
- O capítulo 3, implementação do projeto, menciona detalhadamente o passo a passo realizado para a implantação do *retrofit*;

- Com o objetivo de analisar e qualificar o resultado final do trabalho, o capítulo 4 descreve os resultados alcançados, através de indicadores de manutenção, onde são constatados os reflexos das mudanças realizadas;
- Em seguida, apresenta-se uma conclusão com o intuito de finalizar o trabalho com as considerações finais sobre a modernização. Posteriormente, tem-se a listagem das referências bibliográficas citadas durante esta monografia.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as definições dos elementos que serviram como base para o desenvolvimento do projeto. Este trabalho científico mostra um exemplo de modernização e otimização que a indústria presencia ao longo dos anos, onde por sua vez, alguns autores utilizam o termo “*retrofit*” para denominar casos semelhantes de melhoria na engenharia.

Primeiramente aborda-se o conceito de automação industrial por se tratar do foco principal do trabalho, em seguida são citados os equipamentos mais relevantes utilizados neste projeto, tais como: CLP, Encoder, Inversor de Frequência, Válvulas Hidráulicas, Fonte de 24 V DC, IHM’s, Relés de Comando e de Segurança.

1.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial é uma área de pesquisa que vem ampliando sua atuação gradativamente nos últimos anos. O uso de dispositivos e a aplicação de soluções desenvolvidos em automação industrial tem grande repercussão sobretudo no setor industrial. As aplicações não se resumem a substituir o trabalho humano em tarefas exaustivas, monótonas e perigosas; elas trazem melhoria na qualidade de processos, otimização dos espaços, redução no tempo de produção e custos (PAREDE, 2011).

Segundo Rosário (2005), a automação industrial pode ser entendida como uma tecnologia integradora de três áreas: a eletrônica responsável pelo hardware, a mecânica na forma de dispositivos mecânicos (atuadores) e a informática responsável pelo software que irá controlar todo o sistema. Desse modo, para efetivar projetos nesta área exige-se uma grande gama de conhecimentos, impondo uma formação muito ampla e diversificada dos projetistas, ou então um trabalho de equipe muito bem coordenado com perfis interdisciplinares. Os grandes projetos neste campo envolvem uma infinidade de profissionais e os custos são suportados geralmente por grandes empresas.

1.2 CLP - CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O controlador programável nasceu praticamente dentro da indústria automobilística americana, especificamente na Hydromic Division da General Motors, em 1968, devido a grande dificuldade de se mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Estas mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro (SILVEIRA; DOS SANTOS, 2012).

Desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos. Esta evolução está ligada diretamente ao desenvolvimento tecnológico da informática em suas características de software e de hardware. Hoje os CLPs oferecem um considerável número de benefícios para aplicações industriais, que podem ressaltar em economia que normalmente excede o custo do CLP.

Segundo Antonelli (2009), a norma NEMA interpreta o CLP como sendo um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e programar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Os CLP's caracterizam-se por: Menor Ocupação de espaço; Potência elétrica requerida menor; Reutilização; Reprogramável, se ocorrerem mudanças de requisitos de controle; Confiabilidade maior; Manutenção mais fácil; Maior flexibilidade, satisfazendo um maior número de aplicações; Permite a interface através de rede de comunicação com outros CLPs e microcomputadores; Projeto do sistema mais rápido (ANTONELLI, 2009).

Figura 05 - CLP Mitsubishi utilizado no trabalho.



Fonte: (CATÁLOGO MITSUBISHI, 2016).

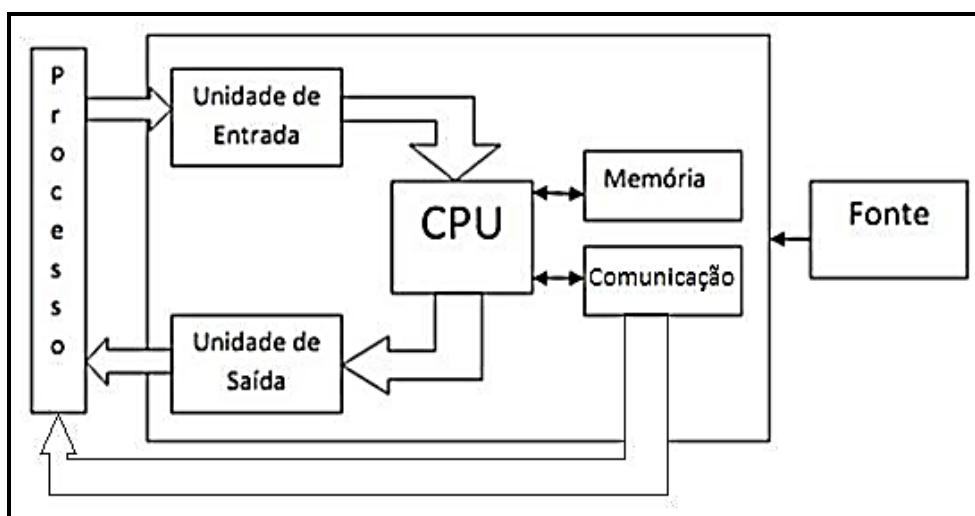
Segundo Franchi (2008), o princípio fundamental de funcionamento de um CLP é a execução por parte da CPU (Unidade Central de Processamento) de um programa executivo, que realiza ciclicamente as ações de leitura das entradas, execução do programa do usuário e atualização das saídas.

1.2.1 A Arquitetura de um CLP.

A seguir são mostrados os principais elementos e detalhes de um CLP seguidos pela Figura 2, que ilustra a arquitetura básica de um CLP:

- Unidade Central de Processamento (UCP): executa os programas e algumas tarefas internas;
- Memória de Programa: armazena os programas ligados ao controle objetivado, geralmente são mantidas por baterias e são não-voláteis;
- Memória de Dados: armazenam as condições de entrada e saída, variáveis e constantes instantâneas relativas ao programa;
- Entradas e Saídas (I/O): são módulos que agrupam os sinais de I/O, podendo ser analógicos ou digitais;
- Fontes de Alimentação: as fontes devem alimentar tanto a CPU quanto os blocos de I/O;
- Terminal de Programação: equipamento externo utilizado na programação e gravação na Memória de Programa.

Figura 06 - Arquitetura básica de um CLP.



Fonte: (SOUZA, 2005).

1.2.2 Princípio de funcionamento

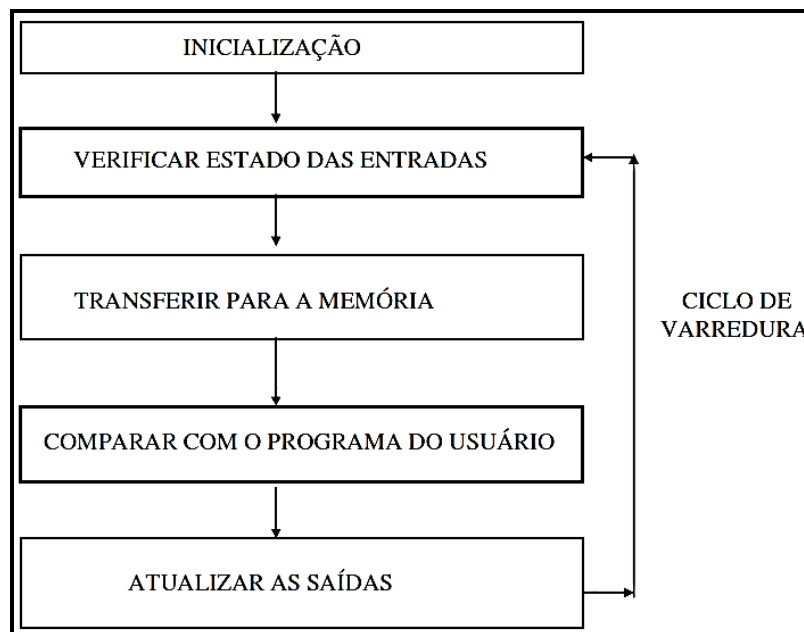
A CPU trabalha de forma contínua fazendo uma varredura obedecendo a certos passos. Os mais importantes definidos por Souza (2005) são:

Passo 1: Verifica estados das entradas – O CLP olha em cada entrada para determinar se está ligada ou desligada. Em outros termos, o CLP identifica se o sensor conectado na primeira entrada está ligado? E a segunda entrada? Qual o valor numérico de uma entrada analógica? E a terceira? Após esse processo de confirmações, o CLP registra os dados de cada canal de entrada, tanto digitais como analógicos.

Passo 2: Executa o programa – O CLP executa seu programa, seguindo uma instrução de cada vez, que é programada pelo usuário. Ou seja, o usuário programa a primeira entrada, então deverá ligar a primeira saída.

Passo 3: Atualizar estados das saídas – Aqui o CLP atualiza a condição das saídas, baseando-se em estados encontrados nas entradas durante o passo 1 e os resultados de execução do seu programa durante o passo 2, depois de concluído a análise em cada passo, o CLP executa a sequência no processo.

Figura 07 – Princípio de funcionamento do CLP.



Fonte: Próprio Autor.

1.3 IHM - INTERFACE HOMEM MÁQUINA

Uma IHM é um hardware industrial composto normalmente por uma tela de cristal líquido e um conjunto de teclas para navegação ou inserção de dados que se utiliza de um software proprietário para a sua programação. Este equipamento é de fundamental importância em uma automação, pois é através da IHM que o operador pode interagir com a máquina ou processo (ROCHA, 2015).

Vejamos na figura 08, um exemplo desse dispositivo.

Figura 08 – Operador fazendo uso da IHM para intervir no processo.



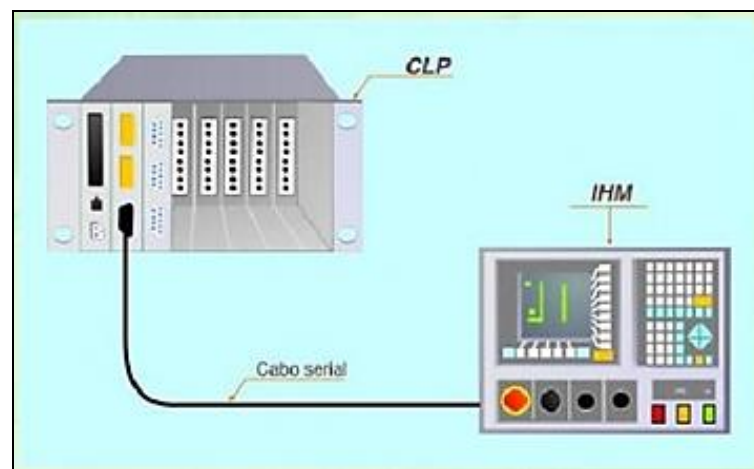
Fonte: (ROCHA, 2015).

Em uma máquina ou processo muitas vezes se faz necessário que o operador intervenha no processo ou na sequência de operação da máquina, ou então que o operador simplesmente visualize informações e tome atitudes no processo. Para esse fim são utilizadas as IHM's.

1.3.1 A Comunicação direta IHM - CLP.

Esse tipo de comunicação é o mais utilizado, tendo em vista que o maior mercado ainda é o de CLP, empregando a filosofia de centralização de sistema. Essa comunicação depende exclusivamente do protocolo de comunicação e do protocolo elétrico usado pelo CLP. Se o protocolo elétrico do CLP for RS-232, a IHM precisará ter uma porta de comunicação em RS-232. Os protocolos elétricos mais comuns são: RS-232, RS-485 e TTY, porém também temos que levar em consideração o protocolo de comunicação. Assim, tomemos o seguinte exemplo: O CLP da Rockwell SLC500 tem em sua porta de comunicação o protocolo elétrico RS-232 e o protocolo de comunicação DF1. Por isso a IHM tem que ter uma porta RS-232 e possuir em sua biblioteca de protocolos de comunicação o protocolo DF1. Normalmente, as IHM's têm uma biblioteca de protocolos de comunicação disponível no seu software de programação, e ao fazer o programa da IHM é necessário escolher o protocolo adequado para o CLP através do qual queremos comunicar.

Figura 09 – Comunicação Direta CLP-IHM.



Fonte: (JACINTO, 2015).

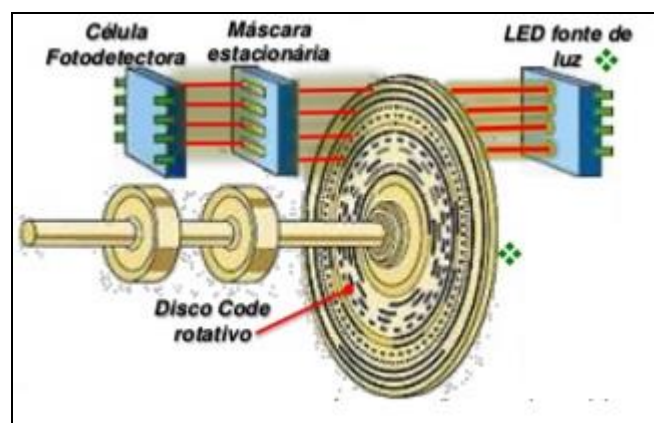
A IHM utilizada no trabalho permite fazer comunicação com a programação via-USB, facilitando no momento de manutenção, pois não há a necessidade de abrir o painel elétrico para estabelecer comunicação com o CLP.

1.4 ENCODER

O encoder é um dispositivo usado na automação industrial que transforma o movimento rotatório em um trem de impulsos elétricos servindo para determinar o deslocamento de movimentos circulares ou lineares. Existem dois tipos de encoders: absoluto e incremental. O encoder incremental gera um pulso para cada unidade de deslocamento. O encoder absoluto gera um código binário para cada unidade de deslocamento. Os dois sistemas usam a detecção fotoelétrica onde o trem de pulsos é gerado pela passagem da luz através de um disco codificado firmemente encaixado ao eixo de um motor ou em dispositivos mecânicos que transformem o deslocamento linear em deslocamento circular. Este sistema pode ser usado para detectar a posição de distâncias superior a 0,01mm (BRAGA, 2014).

A principal característica que diferencia um encoder absoluto de um encoder incremental é que o encoder absoluto nunca perde a posição real em que se encontra, mesmo ocorrendo uma eventual queda da tensão de alimentação. Enquanto que a posição de um encoder incremental é dada pela contagem de pulsos a partir de uma referência, normalmente a marcação de “zero”, a posição de um encoder absoluto é obtida pela leitura de um código gravado no elemento móvel (régua ou disco). Tal código determina vários conjuntos de sinais, sendo que cada conjunto representa unicamente uma possível posição. Um encoder absoluto é dito linear quando o elemento móvel é uma régua, e é dito rotativo quando o elemento móvel é um disco. As análises seguintes serão baseadas em um disco, mas podem ser estendidas para uma régua (TIMOTEO, 2013).

Figura 10 - Funcionamento do Encoder Absoluto.



Fonte: (TIMOTEO, 2013).

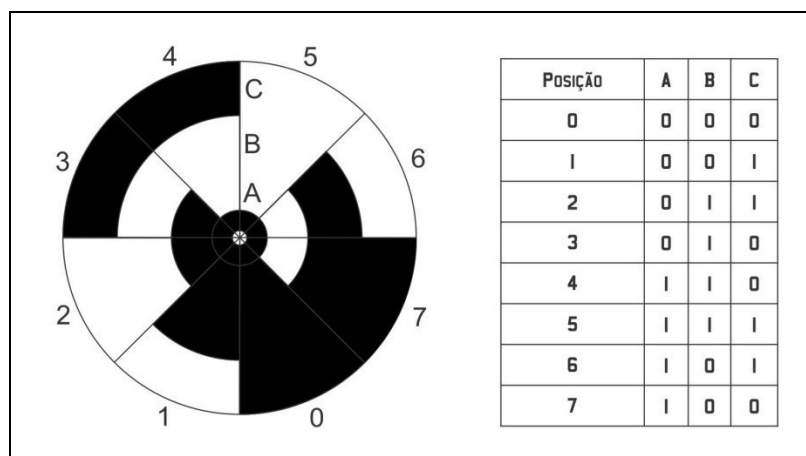
Em números binários, cada passo pode alterar vários bits, só para representar um número sucessivo ou antecedente. A quantidade de esforço e de erros que um controlador tem para ler a variação constante de bits, é grande. Em lugares onde é preciso enviar dados digitais a todo o momento, basta utilizar o código gray. A diferença do código Gray para o binário é que na passagem de um valor para outro, muda apenas um bit. Por exemplo, na passagem de 7 para 8 muda apenas o primeiro dígito, já no código binário mudam 4 bits, este exemplo é visto na tabela 01. Veja também a figura 11.

Tabela 01 – Bits de leitura de um encoder absoluto.

DECIMAL	BINÁRIO	GRAY
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

Fonte: (TURCHETTI, 2007).

Figura 11 – Mudança de bits em um disco de encoder.



Fonte: (TURCHETTI, 2007).

1.5 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Segundo Franchi (2008), os inversores de frequência são dispositivos eletrônicos que convertem a tensão da rede alternada senoidal, em tensão contínua e finalmente convertem esta última, em uma tensão de amplitude e frequência variáveis. A velocidade de rotação de um motor de indução como visto anteriormente, depende da frequência da rede de alimentação. Quanto maior a frequência, maior a rotação e vice-versa. Assim, quando um motor de indução for alimentado por um inversor de frequência, pode-se facilmente controlar a velocidade do eixo do motor, por meio da variação de frequência imposta pelo inversor.

Os inversores de frequência não somente controlam a velocidade do eixo de motores elétricos trifásicos de corrente alternada, como também, controlam outros parâmetros inerentes ao motor elétrico, sendo que um deles é o controle de torque. Esse equipamento versátil e dinâmico é muito utilizado nas mais diversas áreas: elevadores, máquinas-ferramenta, bombas, tração mecânica, etc. Em sistemas de acionamento, os inversores de frequência são usados em motores elétricos de indução trifásicos para substituir os rústicos sistemas de variação de velocidades mecânicos, tais como polias e variadores hidráulicos, bem como os custosos motores de corrente contínua pelo conjunto motor assíncrono e inversor, mais barato, de manutenção mais simples e reposição profusa.

Figura 12 – Inversor de Frequência Allen-Bradley Powerflex 523 utilizado no trabalho.

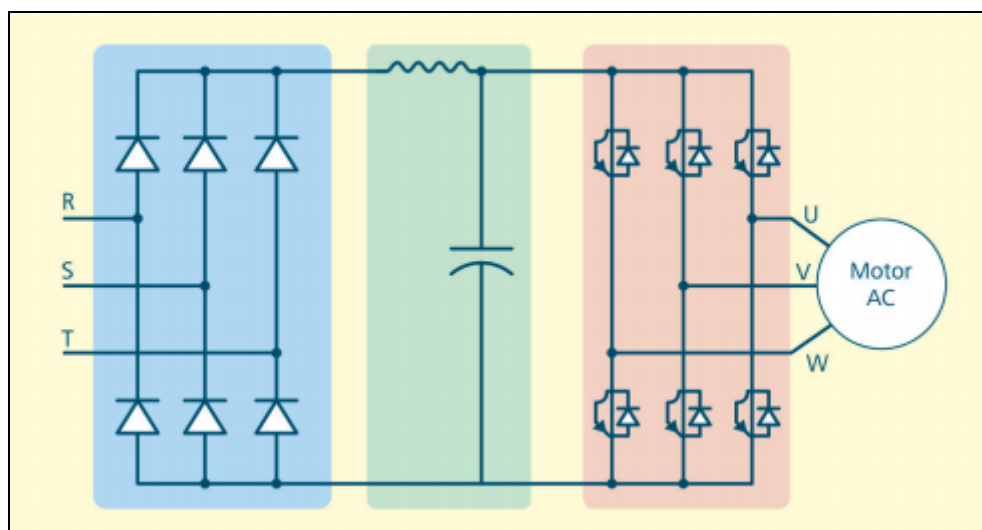


Fonte: (CATÁLOGO ROCKWELL, 2016)

O inversor funciona da seguinte maneira: ele é ligado à rede, podendo ser monofásica ou trifásica, e em sua saída há uma carga (geralmente um motor) que necessita de uma frequência variável. Para tanto, o inversor tem como primeiro estágio, um circuito retificador, responsável por transformar a tensão alternada em contínua, um segundo estágio, composto de um banco de capacitores eletrolíticos e circuitos de filtragem de alta frequência e finalmente um terceiro estágio (composto de transistores IGBT), capaz de realizar a operação inversa do retificador, ou seja, de transformar a tensão contínua do barramento de corrente contínua (CC), para alternada, e com a frequência desejada pela carga (FRANCHI, 2008).

A Figura 13 apresenta um diagrama resumido de um inversor. Nessa figura, a seção em azul é o retificador e em vermelho é o circuito inversor, responsável por transformar a tensão contínua para alternada. A seção intermediária, em verde, denominada de barramento CC é utilizada para filtrar a tensão contínua proveniente da seção retificadora.

Figura 13 – Diagrama resumido de um inversor de frequência.



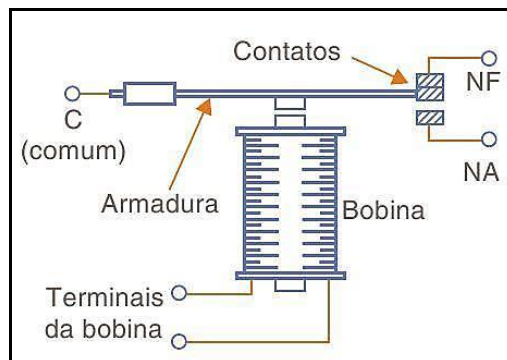
Fonte: (FRANCHI, 2008).

1.6 RELÉS

Os relés são dispositivos comutadores eletromecânicos. A estrutura simplificada de um relé é mostrada na figura 14 e a partir dela explicaremos o seu princípio de funcionamento (Braga, 2012). Nas proximidades de um eletroímã é instalada uma armadura móvel que tem por finalidade abrir ou fechar um jogo de contatos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica é criado um campo magnético que atua sobre a armadura, atraindo-a.

Nesta atração ocorre um movimento que ativa os contatos, os quais podem ser abertos, fechados ou comutados, dependendo de sua posição, conforme mostra a figura 15.

Figura 14 – Estrutura simplificada de um relé.



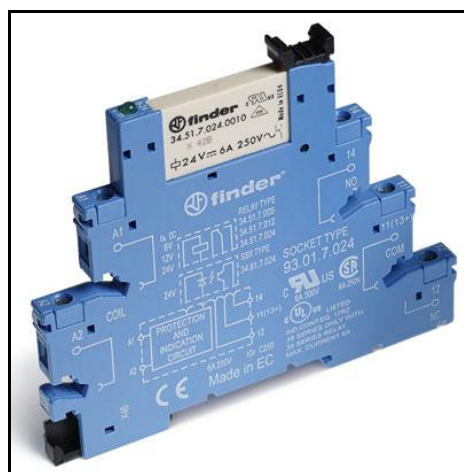
Fonte: (BRAGA, 2012).

Isso significa que, através de uma corrente de controle aplicada à bobina de um relé, podemos abrir, fechar ou comutar os contatos de uma determinada forma, controlando assim as correntes que circulam por circuitos externos. Quando a corrente deixa de circular pela bobina do relé o campo magnético criado desaparece, e com isso a armadura volta a sua posição inicial pela ação da mola. Os relés se dizem energizados quando estão sendo percorridos por uma corrente em sua bobina capaz de ativar seus contatos, e se dizem desenergizados quando não há corrente circulando por sua bobina (BRAGA, 2012). A aplicação mais imediata de um relé com contato simples é no controle de um circuito externo ligando ou desligando-o.

1.6.1 Relés de estado sólido (Tipo SLIM)

Pelo fato de não gerar arcos voltaicos no ligamento e desligamento e pelo fato de conseguir ligar a carga na passagem pelo zero (quando se trata de cargas AC), o relé de estado sólido tem um comportamento próximo do ideal nos momentos de acionamento e desligamento das cargas, além de reduzir a geração de picos de energia na rede elétrica. Também por não dispor de partes mecânicas, não sofre o stress inerente ao movimento dessas partes e não sofre desgastes, o que permite um número virtualmente ilimitado de chaveamentos (tipicamente 100 milhões) e uma frequência de operação que varia tipicamente de 10 Hz a 300 Hz (alguns podem operar a 100 KHz). (COZZO, 2009)

Figura 15 – Relé de comando da marca Finder utilizado no projeto.



Fonte: (CATÁLOGO FINDER, 2016).

Sua função é apenas fechar um ou mais “contatos” para a passagem de energia elétrica, como um contator, com a única diferença de que o contator tem contatos mecânicos e o rele de estado sólido tem tiristores.

De acordo com Cozzo (2009), o tiristor é uma espécie de diodo (componente que permite a passagem de corrente em um único sentido) que possui um “Gate”. O tiristor só permite a passagem da corrente se seu Gate for energizado. A passagem de corrente é feita sem a necessidade de “fechar” algum contato, pois ela passa pelo tiristor espontaneamente por processos químicos. O tiristor por ser um diodo, também só permite a passagem de corrente em um único sentido, mas o relé de estado sólido é projetado para conduzir corrente alternada, então para a sua construção, são necessários dois tiristores que conduzirão simultaneamente.

Uma das características do relé é que ele pode ser energizado com correntes muito pequenas em relação à corrente que o circuito controlado exige para funcionar. Isso significa a possibilidade de controle em circuitos de altas correntes como motores, lâmpadas e máquinas industriais, diretamente a partir de dispositivos eletrônicos fracos como transistores, circuitos integrados, foto-resistores, entre outros (BRAGA, 2012).

A corrente fornecida diretamente por um transistor de pequena potência da ordem de 0,1A não conseguiria controlar uma máquina industrial, um motor ou uma lâmpada, mas pode ativar um relé e através dele controlar a carga de alta potência. Outra característica importante dos relés é a segurança dada pelo isolamento do circuito de controle em relação ao circuito que está sendo controlado. Não existe contato elétrico entre o circuito da bobina e os circuitos dos contatos do relé, o que significa que não há passagem de qualquer corrente do circuito que ativa o relé para o circuito que ele controla. Se o circuito controlado for de alta tensão, por exemplo, este isolamento pode ser importante em termos de segurança.

2 METODOLOGIA

O trabalho apresentado foi uma pesquisa aplicada, cujo objetivo era a realização de pesquisa exploratória sobre o material bibliográfico e de laboratório adquiridos sobre o assunto. Os procedimentos técnicos usados foram os de pesquisa bibliográfica e experimental. O método de abordagem utilizado foi o hipotético-dedutivo e o método de procedimento usado durante a sua elaboração, o monográfico. Para coleta de dados foi utilizada a observação direta extensiva e documentação indireta, a análise e interpretação de seus dados, qualitativos, que ocorreu globalmente.

Inicialmente foram feitas várias coletas de dados e análise da situação em que a máquina se encontrava, levantaram-se quais os pontos mais preocupantes, e definiu-se entre as duas máquinas existentes na linha qual necessitava de intervenção com maior urgência. Em seguida, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre Controladores Lógicos Programáveis, da marca Mitsubishi, modelo Fx-3G 4M, para buscar as melhores ferramentas de programação utilizadas na lógica em linguagem *ladder*, o software utilizado para fazer a programação foi o GX-Developer.

O aprimoramento dos conhecimentos na máquina em estudo e no processo correspondente a linha de produção, foi necessário para fazer uma análise mais precisa das falhas e pontos que devem ser modificados, atendendo as necessidades do processo. Baseados nas pesquisas bibliográficas foram escolhidos os materiais, tais como: encoder OMRON H8PS-1BFP, inversor de frequência da marca Allen-Bradley, modelo Powerflex 523, e IHM Got1000. Para a construção das telas da IHM foi utilizado o software GT Designer 2. Mediante isso foi elaborado no próprio ambiente fabril, um novo painel elétrico de comando, em seguida foi feita a instalação dos periféricos na máquina.

O processo de aprovação foi realizado em duas etapas:

- A primeira feita a partir de uma análise comparativa baseada no rendimento da máquina sobre peças produzidas após a modificação, e dos indicadores de manutenção de tempo de reparo de máquina e quantidade de quebras, de antes e depois do *retrofit*.
- A segunda feita por uma análise técnico-econômica, onde foi verificada a viabilidade dessa modernização ou compra de uma máquina nova.

3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Esse capítulo está dividido em seis subcapítulos, cada um procura descrever cada passo realizado na metodologia durante para o desenvolvimento da modernização até a obtenção do resultado final.

3.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO DA MÁQUINA COM O SISTEMA OBSOLETO

A primeira etapa do projeto foi a análise da situação da máquina com o sistema obsoleto, para identificar os principais pontos que a tornavam tão improdutiva. Para isso foi realizada uma coleta de dados, onde foi possível aplicar a modernização corrigindo pontualmente esses problemas.

A produção realiza diariamente todos os lançamentos com os dados de produção, através do SGPI (Sistema de gerenciamento de produção industrial). Nele, estão a quantidade de peças produzidas, o tempo que a máquina ficou parada por diversos motivos, o tempo que a máquina esteve em produção, e todos os dados possíveis referentes à linha de cabeçotes.

A manutenção insere seus dados em outro sistema, o Engeman, onde são carregados todos os dados de máquina parada, históricos de quebras, análises detalhadas de quebras, entre várias informações relacionadas à manutenção em todas as máquinas da empresa. Contudo deve haver uma certa similaridade dos dados, pois os dados recolhidos são referentes à máquina em estudo.

Fazendo uma busca aprofundada desses dados, utilizando os dois sistemas de lançamentos de horas, foi possível extrair dados para montar os indicadores que informam a situação da máquina.

O primeiro trata-se do indicador intensidade de quebra. Esse indicador é calculado através da razão entre o tempo que a máquina ficou disponível para a manutenção, que inclui máquina parada (I1) e manutenção planejada (I12), pelo tempo de carga (K) que corresponde ao tempo total que a máquina tem para produzir. Foi utilizada a seguinte fórmula para o cálculo do indicador:

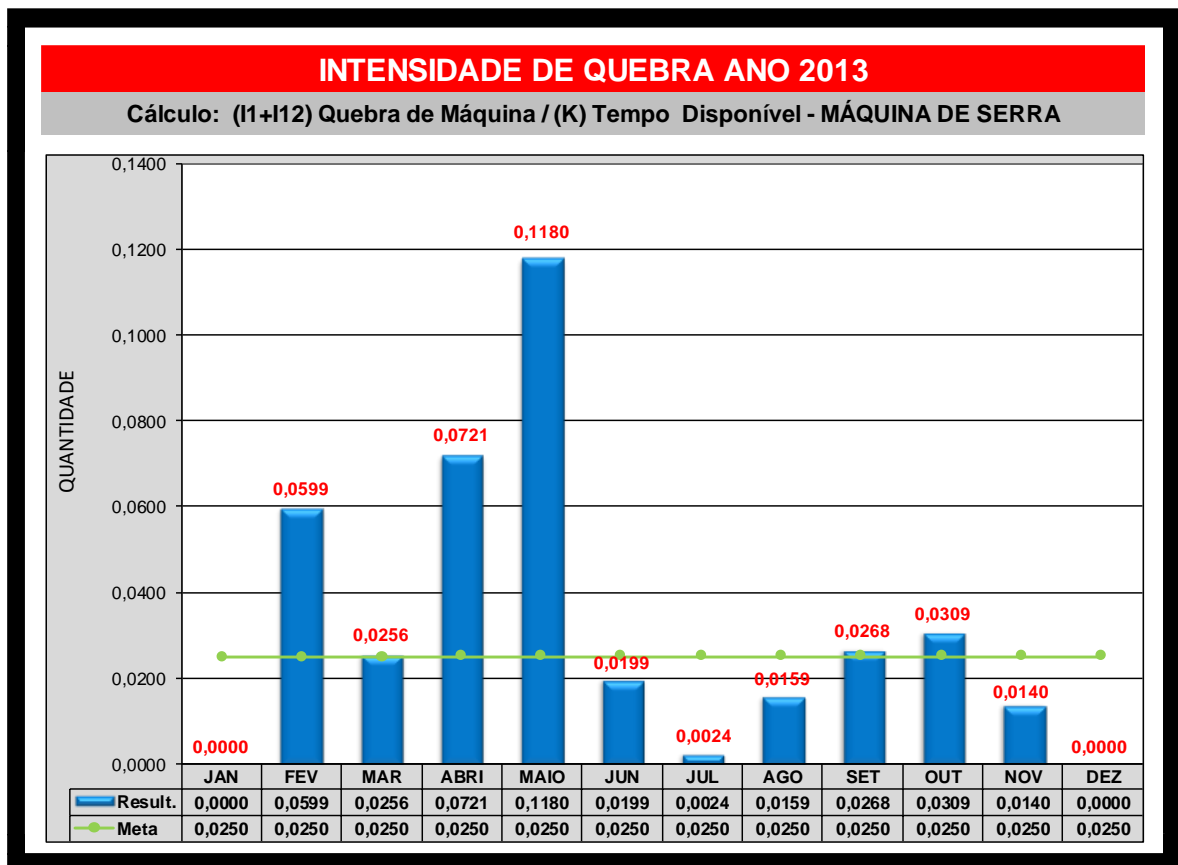
$$\text{Intensidade de Quebra} = \frac{I1 + I12}{K}$$

Pode se observar na figura 16 que na maioria dos meses do ano de 2013, o indicador de intensidade de quebra passou da meta, caracterizando a máquina como um ponto preocupante no setor de fundição da empresa. Analisando esse indicador constatou-se que essa máquina apresenta muitos problemas diariamente e além de demandar um grande tempo da manutenção, também acaba atrasando o planejamento de produção.

Tabela 02 – Dados de parada de máquina em minutos no ano de 2013.

Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
I1+I12	0	451	184	488	1.008	220	25	285	485	495	151	0
K	8.535	7.533	7.186	6.772	8.542	11.077	10.346	17.912	18.087	16.024	10.796	9.469

Figura 16 – Intensidade de quebra do ano de 2013.



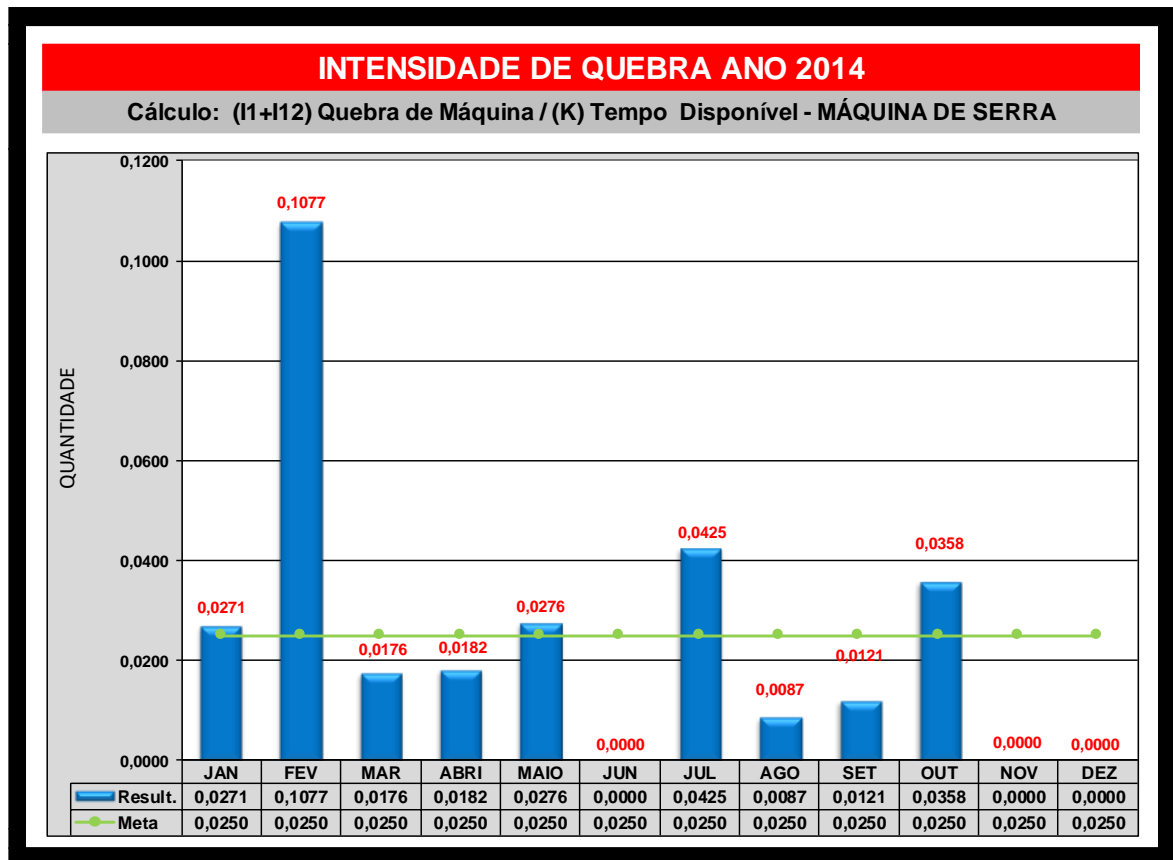
Fonte: Próprio autor.

Da mesma forma, no ano de 2014 nenhum trabalho foi realizado na máquina procurando melhorar seu desempenho, e o cenário continuou o mesmo dos anos anteriores. Caracterizado pelas frequentes paradas no decorrer do ano, como é possível observar na figura 17.

Tabela 03 – Dados de parada de máquina em minutos no ano de 2014.

Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
I1+I12	340	1.350	280	250	400	0	613	150	185	548	0	0
K	12.551	12.537	15.902	13.700	14.514	9.801	14.421	17.219	15.280	15.290	11.081	5.695

Figura 17 – Intensidade de quebra do ano de 2014.



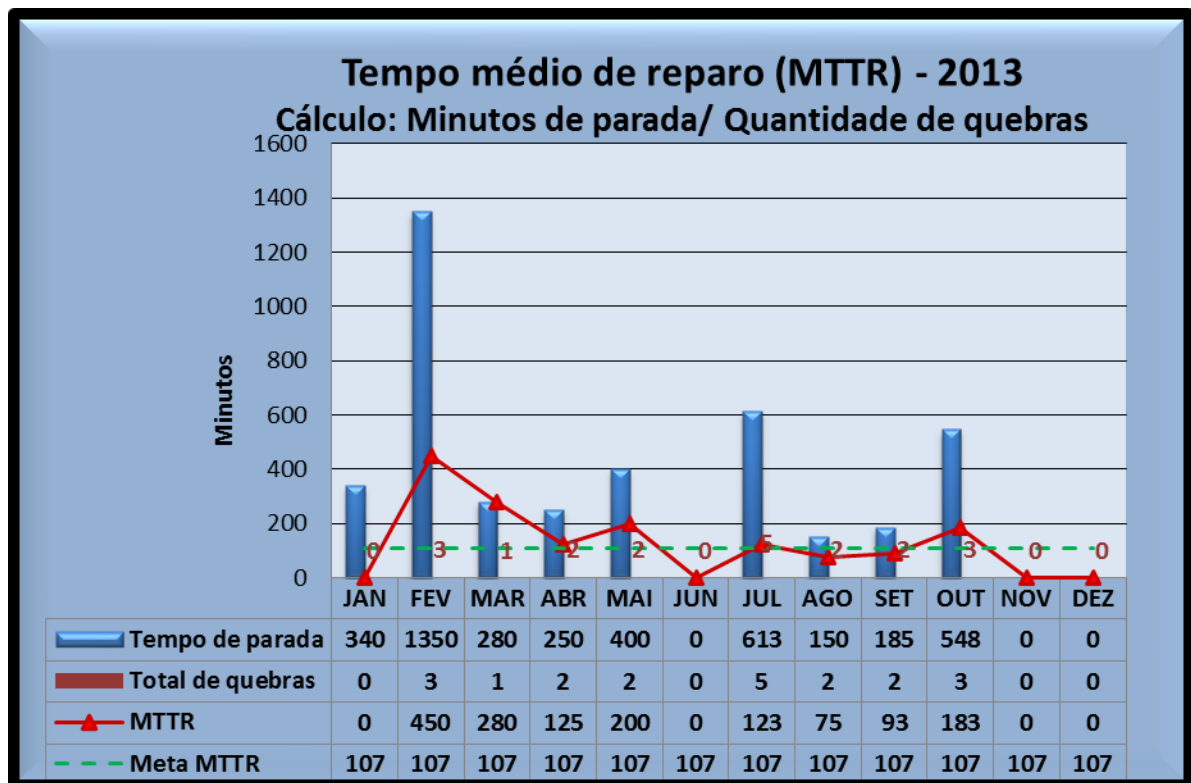
Fonte: Próprio autor.

Outro indicador utilizado na pesquisa foi o MTTR (*Mean Time to Repair*), que significa tempo médio de reparo. Esse é o principal indicador que informa a eficiência do serviço de manutenção. O seu cálculo é feito pela razão do tempo de quebra pela quantidade de quebras, obtendo dessa forma um valor médio tempo levado para solucionar os problemas em determinado equipamento, especificamente na máquina de serra em estudo.

A seguir, utilizou-se a seguinte fórmula para o cálculo do indicador de MTTR:

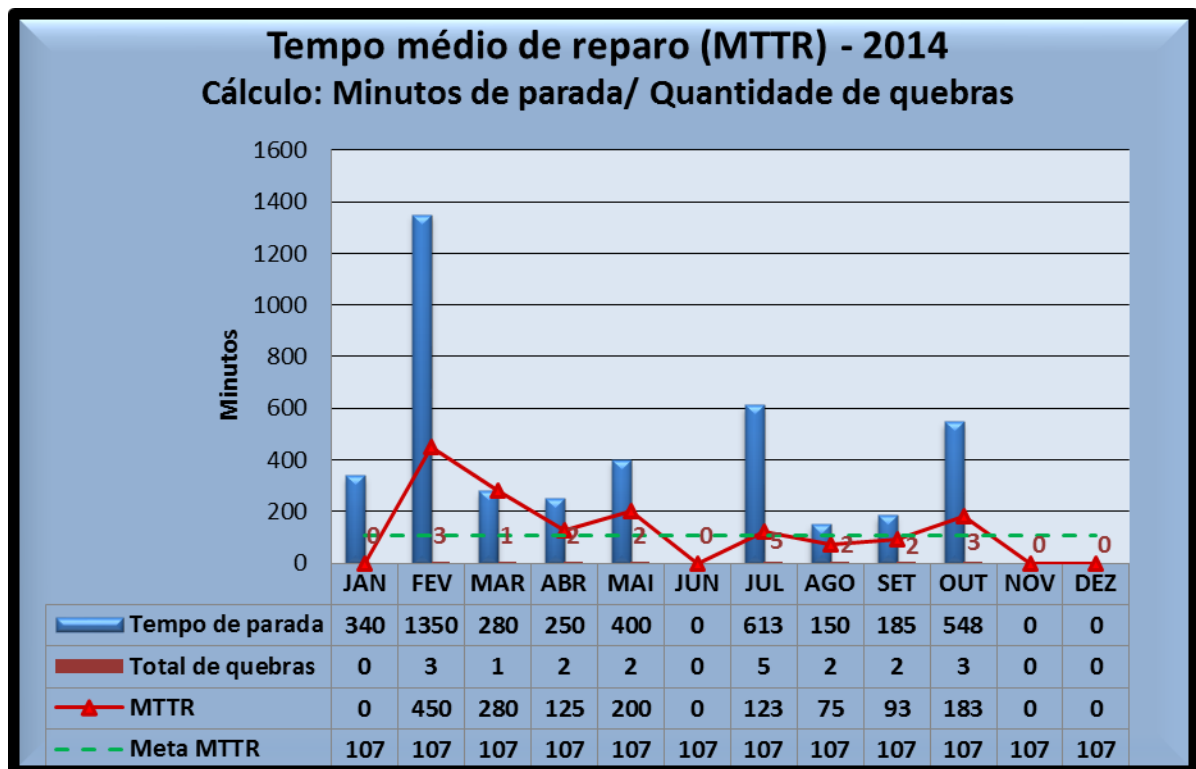
$$MTTR = \frac{\text{Tempo de quebra}}{\text{Quantidade de quebras}}$$

Figura 18 – Indicador MTTR do ano de 2013.



Fonte: Próprio autor.

Figura 19 – Indicador MTTR do ano de 2014.



Fonte: Próprio Autor.

Por meio dos gráficos mostrados nas figuras 18 e 19, fica claro que a manutenção encontra sérios problemas para solucionar as frequentes falhas na máquina, levando um longo tempo durante análise e reparos. Contudo, existem máquinas que realizam processos com maior complexidade na própria linha de cabeçotes porém os reparos são realizados de forma mais rápida, evitando longas paradas da produção.

Outro ponto analisado com o sistema obsoleto é o longo tempo de ciclo realizado pela máquina, que era de 1min e 4seg. Esse longo tempo, acarretava numa produção sempre sobrecarregada e, além disso, no momento de parada da máquina por falha, ficava muito complicada a reposição das peças não produzidas nesse intervalo de tempo.

Atuando em sua capacidade máxima a máquina tem seu rendimento mostrado na tabela 04. Esses dados estão desconsiderando qualquer tempo de máquina parada, para ficar mais esclarecido qual a capacidade da máquina antes da modernização.

Como era muito frequente o não atingimento da meta mensal, a produção era completada no segundo turno, e em algumas vezes aos sábados tendo acréscimos de hora extra para a produção.

Tabela 04 – Capacidade de produção da máquina antes da modernização.

1 turno		2 turnos	
Tempo disponível diário	Número de peças produzidas	Produção mensal	Meta mensal (média)
400 minutos	375 unidades	7500 unidades	14000 unidades

3.2 DIMENSIONAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PAINEL ELÉTRICO

Para dar início a modernização foi necessária fazer a montagem de um painel de comando que comportasse todos os equipamentos no novo projeto. Primeiramente, definiu-se um esquema elétrico com a alimentação da fábrica de 380 V trifásico. A partir desse ponto, foram definidos os disjuntores, as fontes de alimentação DC, e os demais componentes citados na tabela 05.

Tabela 05 – Lista de componentes localizados no painel elétrico.

Componente	Descrição	Fabricante	Quantidade
Disjuntor tripolar	32A – tipo C	Siemens	1
Disjuntor monopolar	6A – tipo C	Siemens	1
Disjuntor monopolar	4A – tipo C	Siemens	1
Disjuntor monopolar	2A – tipo C	Siemens	5
Contator	15A – bobina 24V	Siemens	4
Fonte DC	24V – 5A	Allen-Bradley	1
Fonte DC	24V – 3,3A	Allen-Bradley	1
CLP	FX3G – 40M	Mitsubishi	1
Módulo de entrada	FX2N – 8EX-ES	Mitsubishi	2
Relé de segurança	MSR127TP	Allen-Bradley	2
Relé bimetálico	1,1 – 1,6A	Siemens	2
Relé bimetálico	2,8 – 4,0	Siemens	1
Relé modular interface	24V – 6A (NA/NF)	Finder	16
Encoder absoluto	24V –H8PS	Omron	1
Chave seccionadora	35A	Allen-Bradley	1
Inversor de frequência	PowerFlex 523	Allen-Bradley	1

Anteriormente, a máquina possuía um comando de 24 Vac. Esse nível de tensão era normalmente utilizado em equipamentos antigos, porém atualmente existe uma grande dificuldade de realizar a reposição desses componentes quando apresentam algum defeito, o que acabava ocorrendo com bastante frequência, pois como a máquina era muito antiga várias

peças já estavam chegando no final da sua vida útil. Esse fato forçava o técnico que iria realizar a manutenção na máquina, em fazer adaptações no comando para evitar longas paradas na produção. Pensando em eliminar esse problema, o novo painel foi montado com um comando de 24 Vdc, o que facilita uma possível reposição, em caso de defeito, por já existir no estoque vários componentes com essas características.

Para atender a carga exigida, foi dimensionado uma fonte de alimentação de 5 A, da marca Allen-Bradley, para alimentar o CLP, IHM e o encoder. E outra fonte de 3 A, também da Allen-Bradley para o comando de segurança.

Em seguida foi analisado o local do painel elétrico, como é possível observar na figura, o antigo painel ficava num local de difícil acesso, obrigando o técnico a ficar abaixado em uma posição não muito ergonômica.

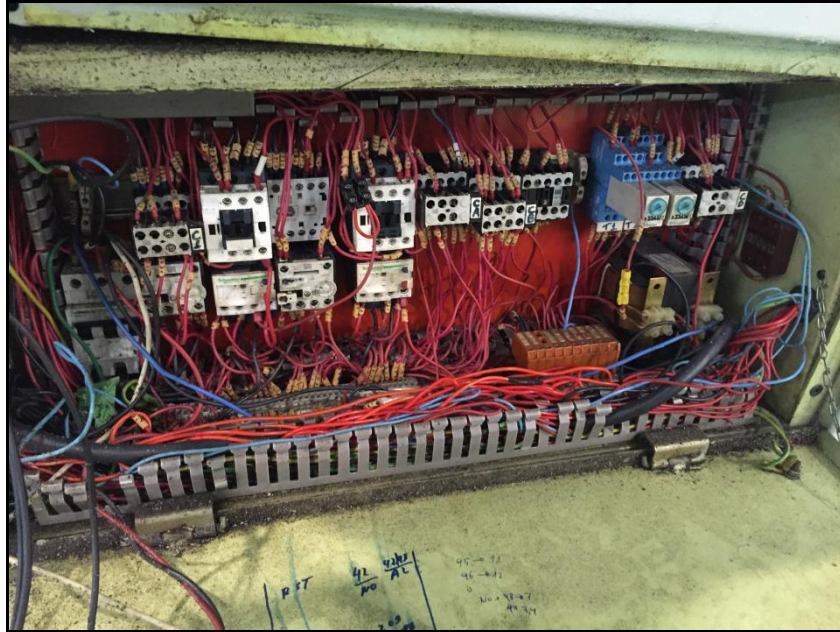
Figura 20 – Localização do antigo e do novo painel elétrico da máquina.



Fonte: Próprio autor.

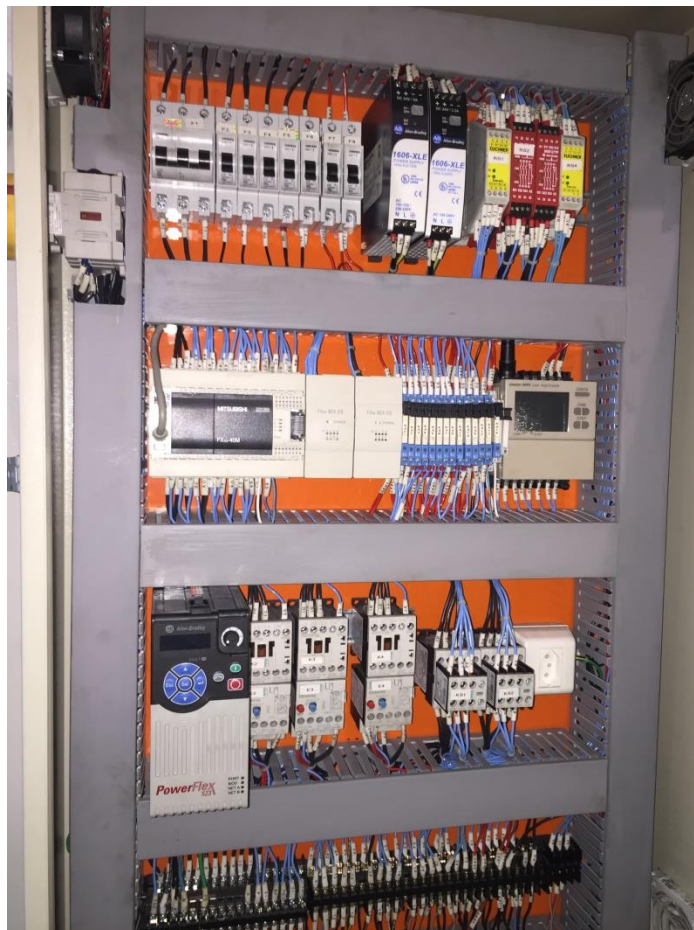
Além disso, existia um painel separado com o comando de segurança da máquina, o mesmo ficava do lado oposto ao painel principal, dificultando as medições e verificações no momento de manutenção. Com isso, foi constatado que seria melhor agregar todos os comandos em apenas um painel.

Figura 21 – Situação do antigo painel elétrico da máquina.



Fonte: Próprio autor.

Figura 22 – Novo painel elétrico montado.



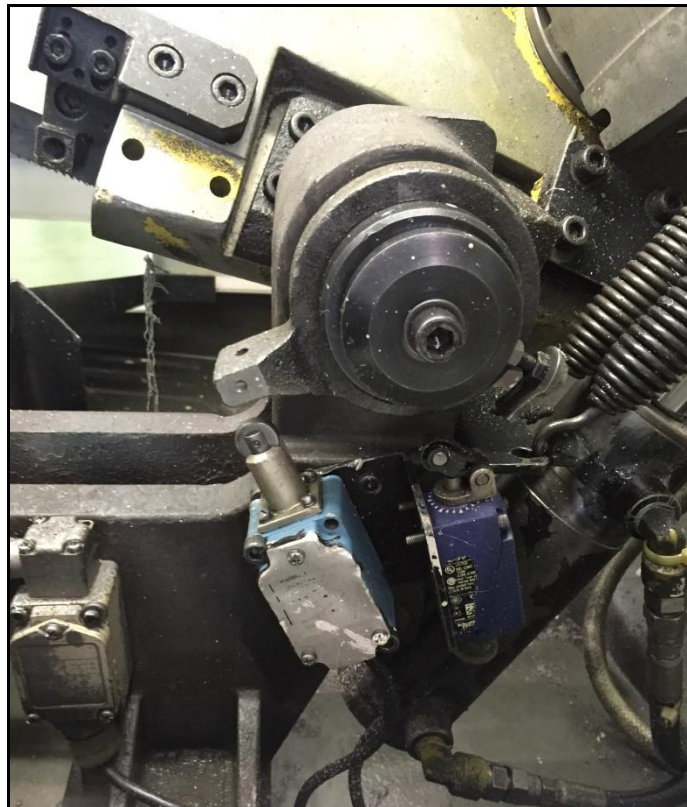
Fonte: Próprio autor.

3.3 SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR ENCODER

Conforme ilustrado na figura 23, anteriormente o limite superior e inferior de avanço da serra era feito a partir do acionamento de micros localizados próximos do eixo do arco da serra. Contudo, existem quatro modelos de cabeçotes que passam nessa linha, e a cada mudança de modelo era necessário que fosse realizado um ajustes da posição desses micros, pois cada modelo possui tamanhos diferentes da área de corte. Isso acabava danificando os parafusos de fixação e sua própria base, além de exigir por parte do operador, um acréscimo no tempo de preparação da máquina antes de iniciar a produção.

A área onde os micros ficavam localizados sofria muito desgaste devido à sujeira acumulada por cavacos resultantes do corte do massalote, danificando frequentemente os seus acionadores.

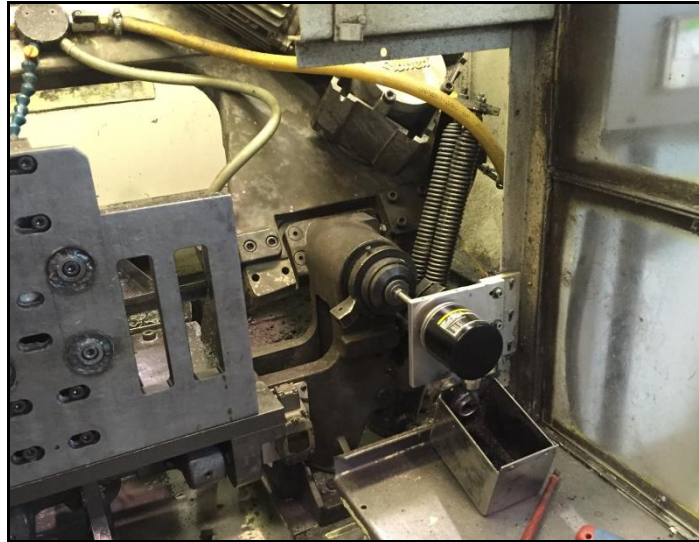
Figura 23 – Sistema de posicionamento anterior feito por micros.



Fonte: Próprio autor.

Após verificar esses problemas frequentes, projetou-se um novo sistema de posicionamento. Agora feito por um *encoder*, que seria deslocado da posição que os micros ficavam localizados, evitando sofrer desgaste com a ação do cavaco.

Figura 24 – Sistema de posicionamento atual feito por *encoder*.



Fonte: Próprio autor.

O encoder envia os sinais de posicionamento para um decodificador, que recebe esses sinais e faz o chaveamento enviando para o CLP pulsos das posições programadas. O decodificador foi instalado no painel elétrico, como mostra a figura abaixo.

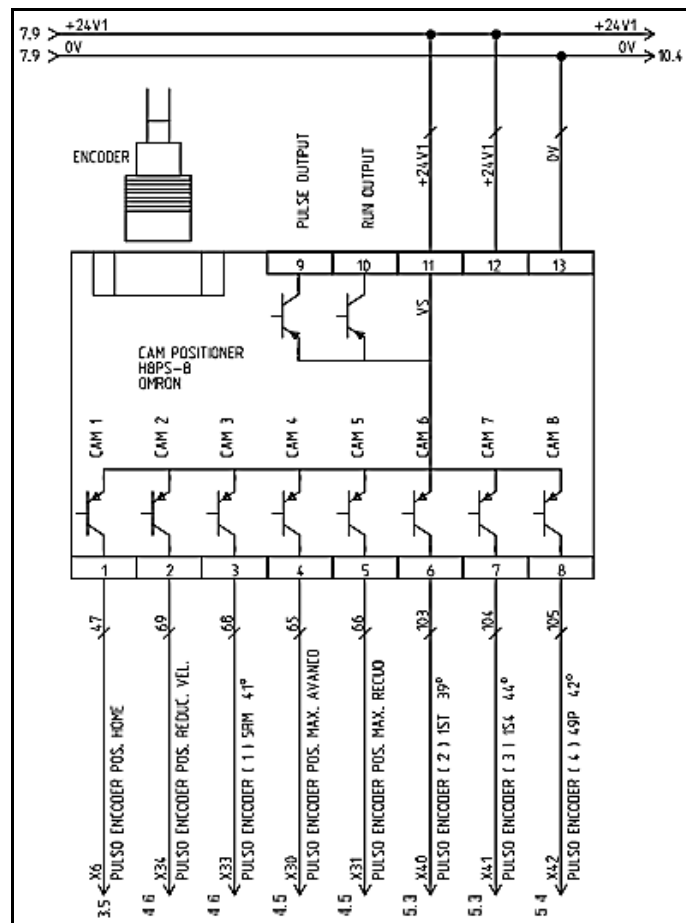
Figura 25 – Decodificador do *encoder* instalado no painel.



Fonte: Próprio autor.

Após ser feita a ligação de alimentação nos bornes 12 e 13, e inserido o conector do encoder, notou-se a necessidade do envio de 8 pulsos para as entradas do CLP, esses com o envio desses sinais será possível ter a confirmação de oito posições durante avanço e retorno da serra. O borne 11 indica se o chaveamento enviará sinais positivos ou negativos, por isso foi alimentado com 24V, pois necessitava de uma saída positiva tendo em vista que utilizamos entradas positivas no CLP.

Figura 26 – Esquema de ligação do decodificador.



Fonte: Próprio Autor.

O curso total do avanço da serra é de 46°, então foi estabelecido primeiramente que limite máximo seria em 45°, o limite mínimo em -8° e a posição home em 0°. Os limites máximo e mínimo foram criados para uso do modo manual, quando se deseja movimentar o arco por algum motivo sem que esteja realizando o processo de corte. A posição home é o local onde a serra deve parar após o fim de cada ciclo. Estabeleceu-se uma posição antes do limite mínimo, pois não havia a necessidade do arco voltar até o final sendo que em seguida outra peça seria cortada. A posição home diminuiu em 4 segundos o tempo de processo.

Para delimitar o avanço do arco no modo automático foram criadas quatro pulsos, um para cada tipo de modelo que passa na linha, pois o avanço do arco está ligado ao tamanho da área a ser cortada do cabeçote, para evitar que a máquina continue funcionando mesmo após a realização do corte, eliminando um tempo desnecessário.

As posições finais de corte foram programadas para: modelo 1ST (39°); modelo 5RM (41°); modelo 49P (42°); modelo 1S4 (44°).

3.4 LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA

A criação de uma lógica em *ladder*, foi de grande importância para o projeto, pois o programa deveria atender todas necessidades da máquina quanto ao seu funcionamento correto, além de unir o funcionamento de todas as novas tecnologias inseridas nas máquinas.

Com isso, foi elaborado um algoritmo no programa GX-Developer, que é o software da Mitsubishi. Para facilitar o entendimento do programa, será feito primeiramente uma explicação do funcionamento da máquina e em seguida o programa será explicado dividido em suas principais partes.

O funcionamento da máquina ocorre em modo manual e automático, como já foi mencionado o avanço e retorno do arco da serra, feito pelo acionamento de válvulas hidráulicas, era limitado por micros (chaves fim de curso), que acionavam informando o limite superior e inferior do avanço da serra, dessa forma o operador precisava esperar 64 seg para que a máquina concluísse o retorno para o limite superior e assim poder retirar a peça do dispositivo.

O processo de avanço e retorno era feito em apenas uma velocidade e pelo fato do motor só possuir a sua própria velocidade de trabalho, qualquer tentativa de diminuir o tempo de trabalho da máquina aumentando a velocidade de avanço, acarretava na quebra da lâmina da serra por não suportar o aumento de esforço feito com baixa rotação do motor.

O acionamento feito pelo bimanual realizava a fixação da peça no seu dispositivo e em seguida dava início ao avanço do arco da serra para a realização do corte. Em caso de má fixação da peça no dispositivo, dava-se início ao processo de corte com a possibilidade da peça se soltar, colocando em risco a integridade do operador, ou a própria quebra da lâmina.

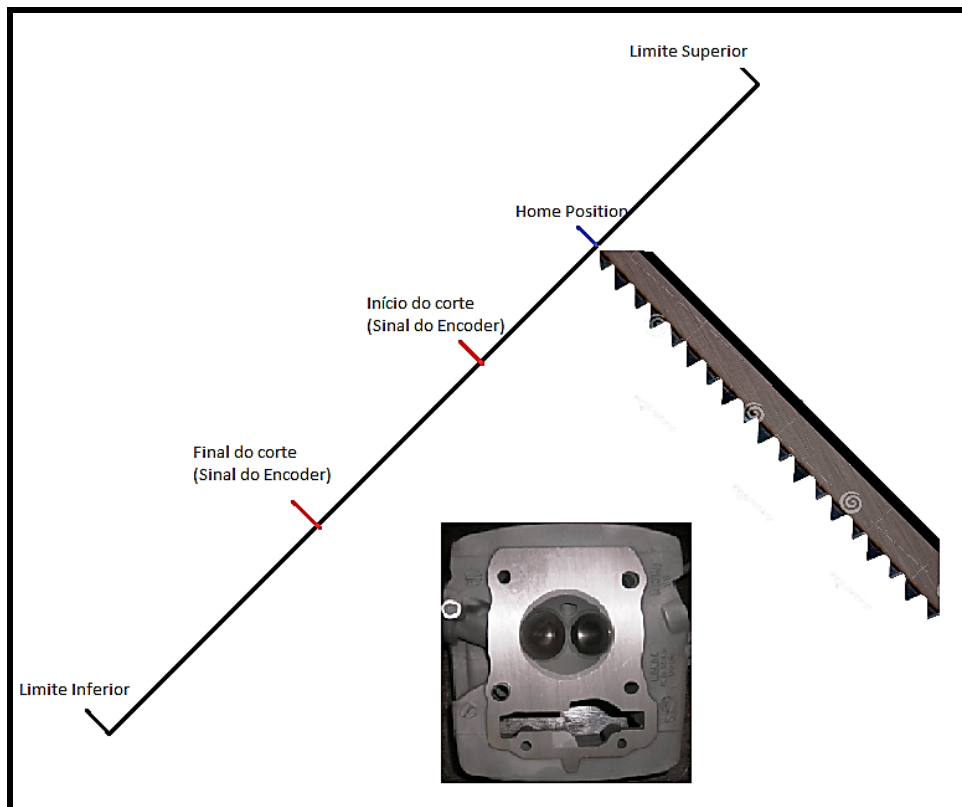
Como antes comentado a máquina possuía um quadro de comando para NR12, contudo a lógica utilizada não atendia a norma de forma satisfatória e inteiramente segura. No momento de obstrução da cortina de segurança, estando a máquina em funcionamento

automático, ocorria a sua paralização, porém ao desobstruir a cortina o ciclo continuava pois utilizava um esquema de reset automático.

A Figura 27 mostra a nova forma de funcionamento da máquina, onde se buscou diminuir o longo tempo de ciclo diminuindo a região de trabalho e tornando a realização do corte mais eficiente.

O funcionamento em modo automático agora se restringe apenas entre a posição “home”, e a posição final do corte. A posição home possui a área suficiente para a retirada da peça e a partir desse ponto dar início a um novo ciclo, diminuindo o tempo que o operador leva para esperar a máquina chegar no limite superior.

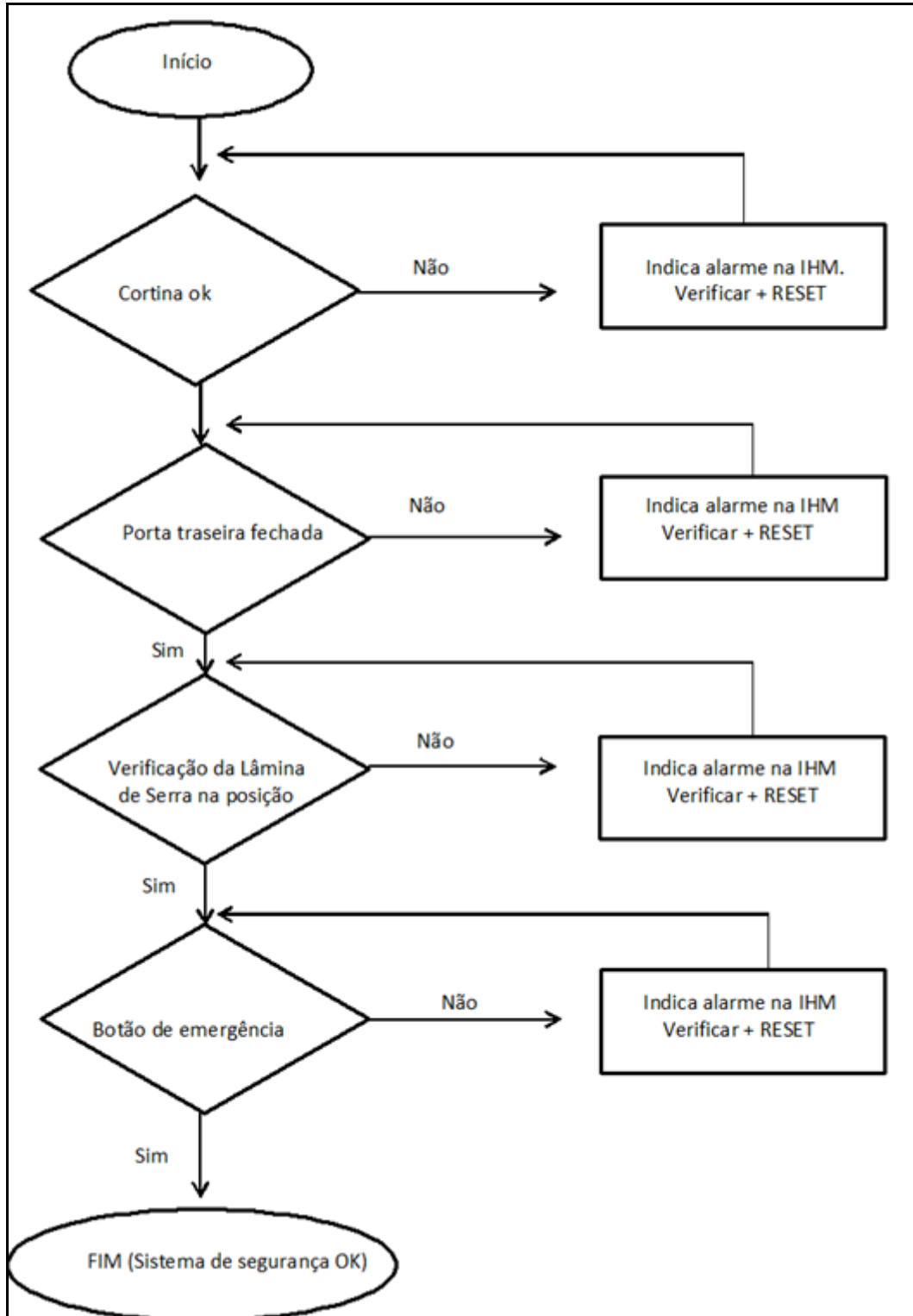
Figura 27 – Ilustração das regiões de trabalho da serra.



Fonte: Próprio autor.

Para a explicação do sistema de segurança, é apresentado o seguinte fluxograma:

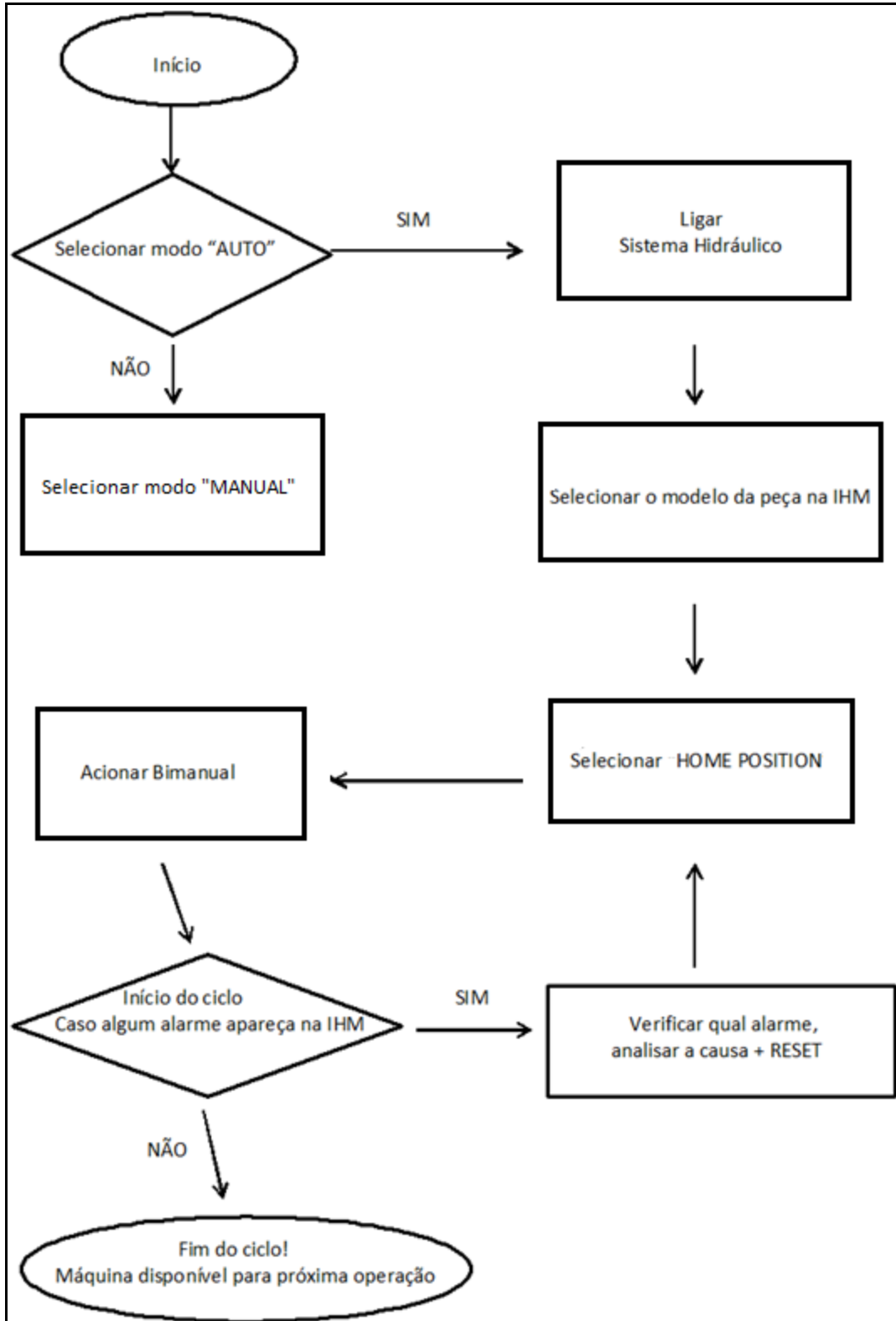
Figura 28 – Fluxograma do sistema de segurança



Fonte: Próprio autor.

A Seguir, a figura 29 apresenta o fluxograma do funcionamento em automático da máquina:

Figura 29 – Fluxograma do funcionamento em modo automático.

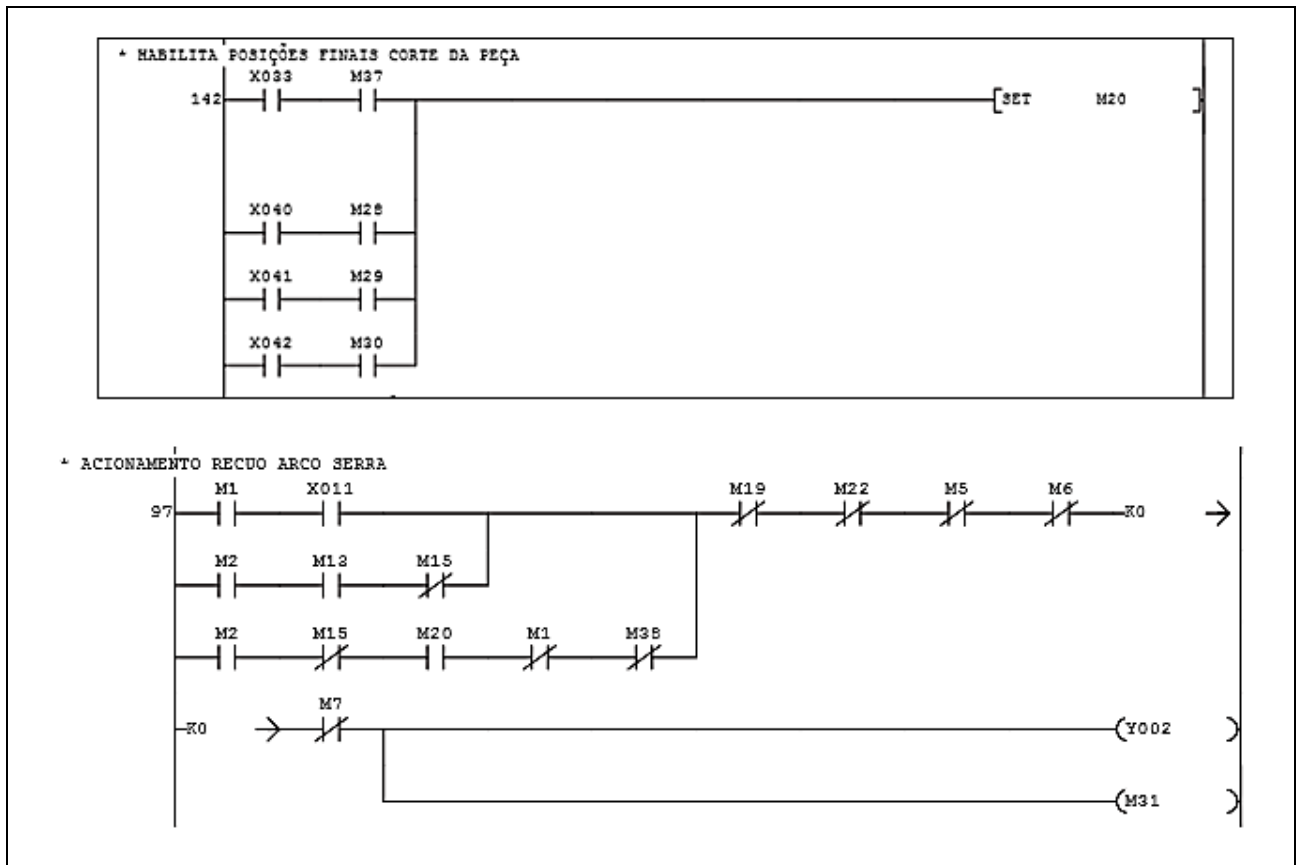


Fonte: Próprio autor.

A figura a seguir, mostra como acontece o funcionamento a partir dos sinais do *encoder*. É possível observar que X033, X040, X041 e X042 são entradas físicas vindas do decodificador que envia um sinal positivo para o CLP, quando o arco de serra passa pela posição programada. Já as entradas M37, M28, M29 e M30, são os botões criados na IHM, e fecham o contato quando o operador seleciona entre os quatro modelos existentes qual o desejado.

No momento de operação, o modelo já estando selecionado assim como o modo automático (M2), restando apenas o *encoder* enviar o sinal referente ao modelo desejado, a memória M20 será acionada, caracterizando o fim do corte, e com isso a válvula de retorno (Y002) receberá o comando para retornar novamente para a posição home.

Figura 30 - Lógica para retorno do arco da serra.



Fonte: Próprio autor.

3.5 PARAMETRIZAÇÃO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Foi necessário inserir as informações corretas no inversor para que ele trabalhasse da forma desejada. Para sua utilização precisou-se dos dados nominais do motor, coletados na sua placa de identificação.

Tabela 06 – Dados do motor da serra.

Descrição	Valor
Corrente	3,25 A
Tensão	380 V
Nº de pólos	4
Frequência	60 Hz

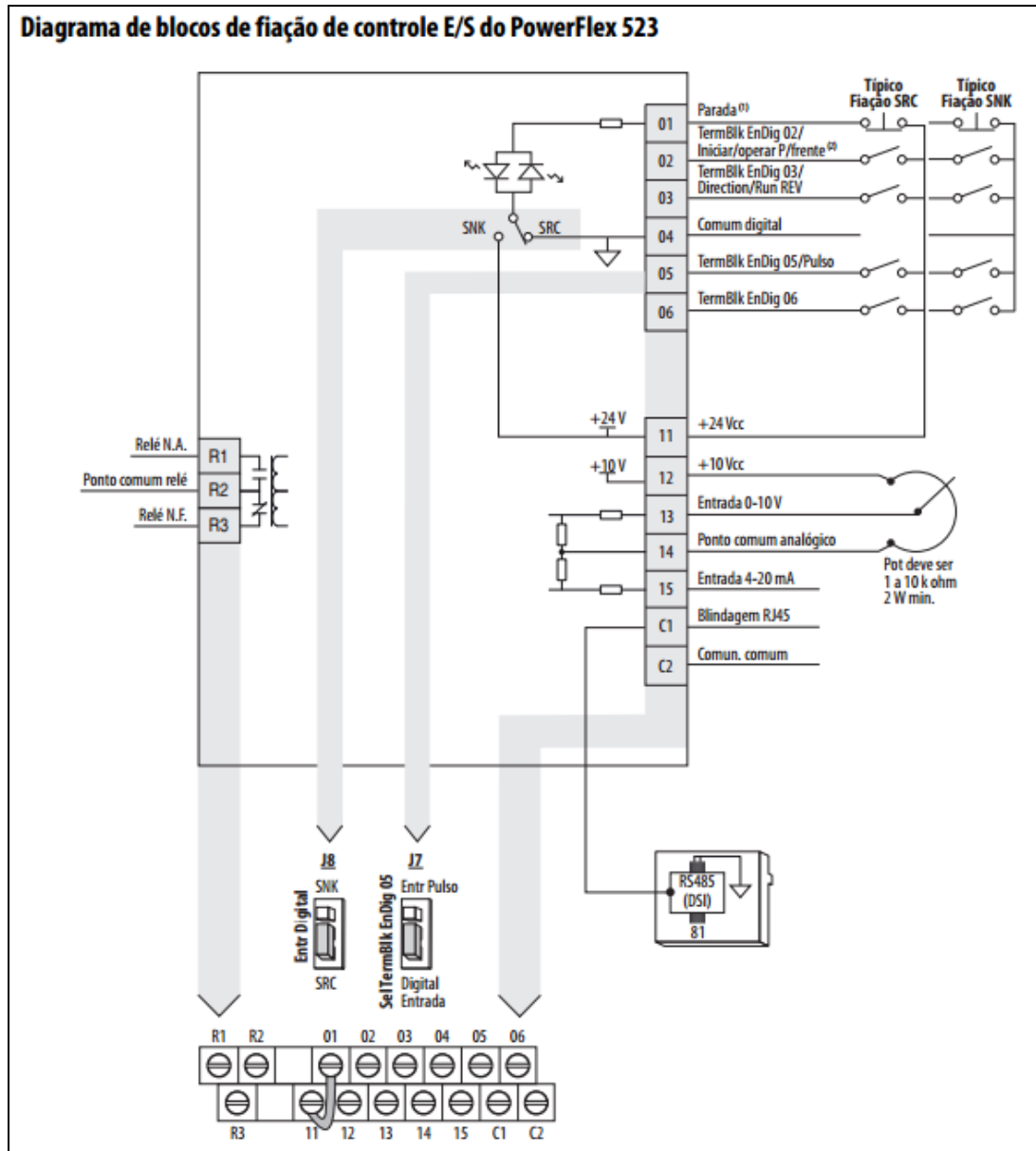
Tabela 07 – Parametrização do inversor.

Parâmetro	Valor	Função
P030	380	Tensão de trabalho identificado na placa do motor.
P031	60	Frequência de trabalho identificado na placa do motor.
P033	3,9	Corrente de sobrecarga do motor.
P034	3,25	Corrente nominal do motor.
P035	4	Números de pólos do motor
P036	1750	Rotação do motor em rpm.
P041	8	[Tempo de acel. 1] – Tempo para o motor acelerar até a Freq. Máx.
P042	3	[Tempo de desacel. 1] – Tempo para o motor desacelerar até 0Hz.
P043	0	Frequência mínima.
P044	90	Frequência máxima.
P045	7	Configura comando de parada. (Tipo autofreio).
P046	2	Configura o esquema de partida do inversor
A410	60	Frequência configurada 0
A411	90	Frequência configurada 1

A tabela acima indica os principais parâmetros que foram programados no inversor, com destaque para o P041, que é o tempo necessário para o inversor atingir 90 Hz (P044), e dessa forma poder realizar o corte agora com o avanço mais rápido e conseqüentemente com uma velocidade maior. No retorno da serra para a posição home, o inversor tem 3 seg para atingir a frequência mínima, como informa o parâmetro P042.

A figura 31, mostra aos bornes de comando utilizados para informar a parada do motor (borne 01), e indicar o alarme utilizando o relé R1, com um contato normalmente aberto enviando um sinal para o CLP informando a existência de algum alarme no inversor.

Figura 31 – Bornes de ligação do inversor de frequência.

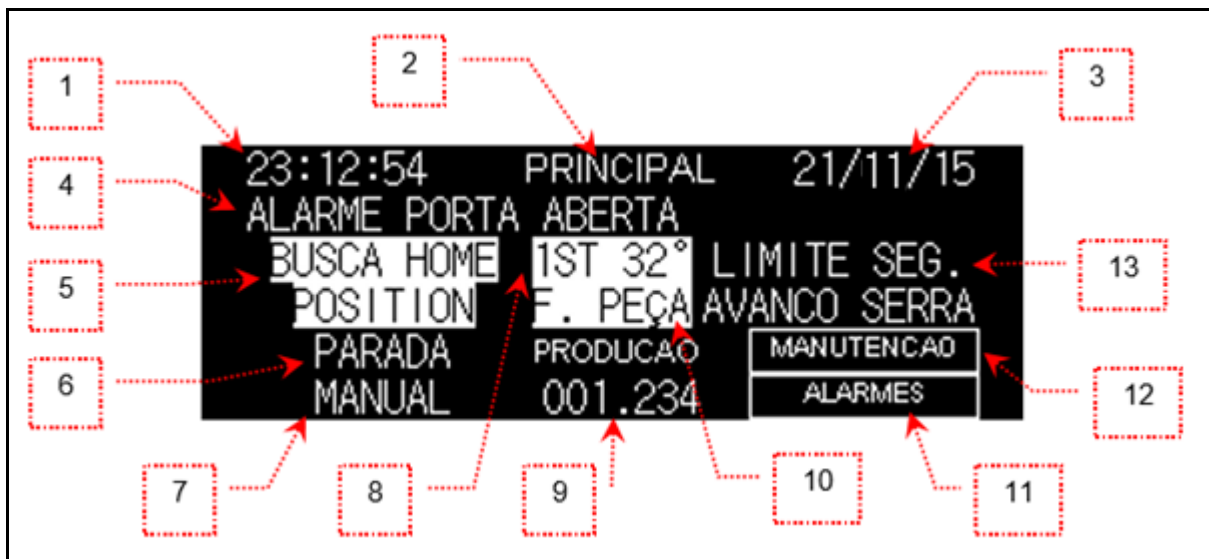


Fonte: (ROCKWELL AUTOMATION, 2016).

3.6 PROGRAMAÇÃO DA IHM

A programação das telas da IHM foi realizada com o auxílio do software GT Designer 2. A seguir, são mostradas as telas que foram criadas e estão sendo utilizadas atualmente na máquina com o intuito de facilitar o diagnóstico de falhas, e diminuir o tempo de preparação da máquina pelo operador.

Figura 32 – Tela Principal da IHM.

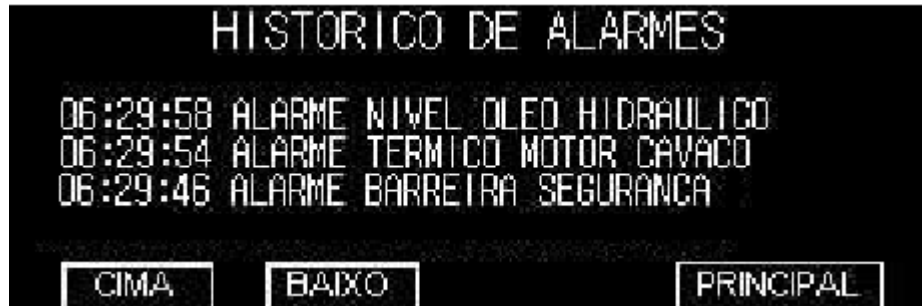


Fonte: Próprio autor.

Tabela 08 – Descrição da Tela Principal.

N°	Função
1	Indicador Horário Atual
2	Nome da Tela
3	Indicador Data Atual
4	Último Alarme Acionado
5	Status do Home Position
6	Status de funcionamento
7	Modo de Operação
8	Produto Selecionado
9	Indicador de Produção
10	Indicador de Falta de peça
11	Botão Chama Tela Alarmes
12	Botão Chama Tela de Manutenção
13	Status do Sistema de Segurança

Figura 33 – Tela de Histórico de alarmes.



Fonte: Próprio autor.

Na tela de alarmes é possível visualizar um histórico com horário e descrição das 30 últimas ocorrências na máquina, o que auxilia quando não é informado corretamente pelo operador o motivo da parada na máquina.

Figura 34 – Tela de Produção.



Fonte: Próprio autor.

A tela de produção possibilita visualização da meta que deve ser alcançada e o total de peças produzidas. Nessa tela foi criado botão “SET PROCESSO”, que dá acesso a tela de seleção de modelo.

Figura 35 – Tela Set Processo.



Fonte: Próprio autor.

Através da tela set processo, o operador consegue escolher entre quatro modelos de cabeçotes, qual está será produzido no momento. Essa tela tem papel fundamental para diminuir um longo tempo que o operador levava para ajustar os micros de acordo com o modelo desejado, dessa forma fazendo apenas uma seleção a máquina já opera com o modelo correto.

Figura 36 – Tela de Manutenção.



Fonte: Próprio autor.

Por meio da tela de manutenção, é possível entrar em outras três telas que informam se a máquina está com todas as condições habilitadas para o funcionamento automático. As telas são: “SEGURANÇA”, “MOTORES” E “DIVERSOS”

Figura 37 – Tela de Sistema de Segurança.



Fonte: Próprio autor.

Agora com a tela de segurança todos os itens do sistema de segurança são informados se foram acionados, garantindo que a máquina só entre em funcionamento caso a barreira de segurança esteja livre, o botão de emergência esteja desabilitado, a porta esteja fechada e o bimanual esteja funcionando corretamente.

Figura 38 – Tela diversos.



Fonte: Próprio autor.

Essa tela foi criada para informar se o nível de óleo hidráulico ou óleo de corte está abaixo do especificado, sendo importante para identificar a existência de algum vazamento no sistema. Abaixo segue uma tabela com a lista de alarmes criados, que facilitam o diagnóstico de falhas por parte da manutenção.

Tabela 09 – Lista de alarmes

N ° do alarme	Descrição
1	Alarme nível de óleo hidráulico
2	Alarme nível de óleo de corte
3	Alarme barreira de segurança
4	Alarme emergência acionada
5	Alarme porta aberta
6	Alarme motor da serra
7	Alarme térmico do motor hidráulico
8	Alarme térmico do motor transportador
9	Alarme térmico do motor liquido de corte

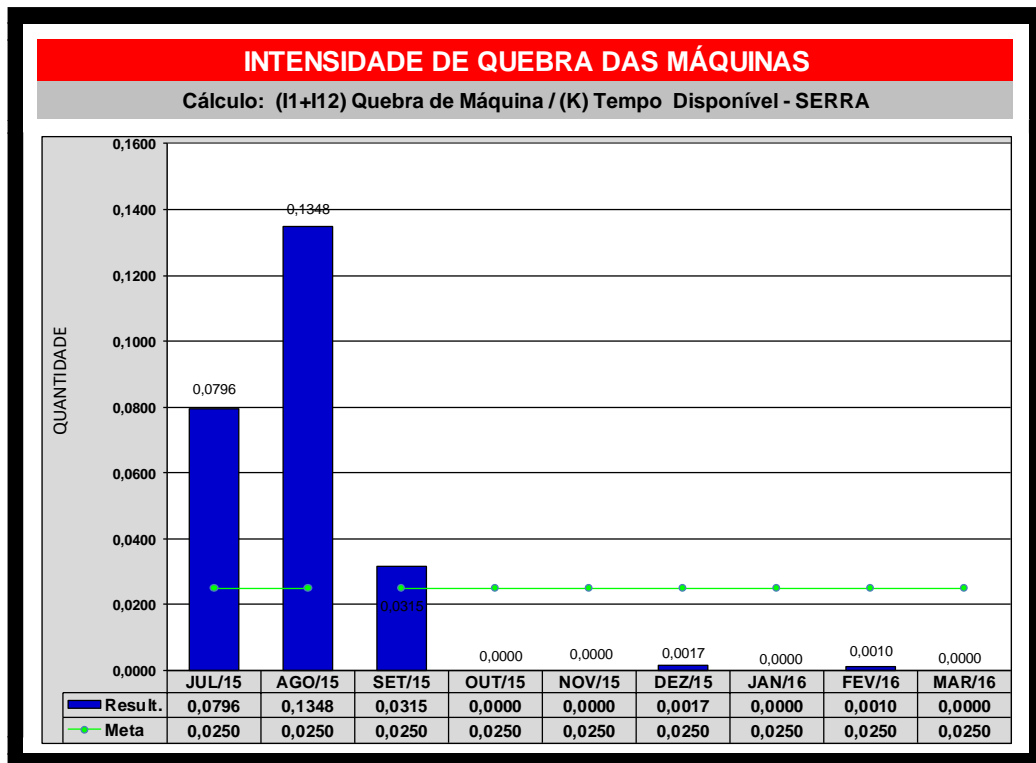
4 RESULTADOS OBTIDOS

Devido à grande frequência de defeitos na máquina de serra, que resultava em longas paradas na linha de produção de cabeçotes, surgiu a necessidade de realizar a modernização na busca de diminuir essa quantidade de falhas, além de tornar mais eficiente a ação da manutenção na máquina, pois existia grande dificuldade de solucionar os problemas pela falta de um sistema supervisor. O longo tempo de ciclo realizado pela máquina além de manter sempre a linha produzindo de forma sobrecarregada, agravava-se quando ocorriam problemas na máquina, pela dificuldade de repor as peças não produzidas durante a manutenção corretiva. A figura a seguir mostra o indicador de intensidade de quebra atual, calculado após a modernização realizada no comando elétrico da máquina. Comparando-o com os gráficos das figuras 16 e 17, é possível constatar que o número de quebras reduziu drasticamente, eliminando as frequentes paradas na linha possibilitando uma produção sem interrupções.

Tabela 10 – Dados de parada de máquina em minutos após a realização do projeto.

Descrição	2.015						2.016		
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
Quebra de Máquina	960	1.350	345	0	0	25	0	15	0
Tempo de Carga	12.065	10.016	10.956	4.890	15.601	15.091	12.459	14.327	9.300

Figura 39 – Indicador de intensidade de quebra após a modernização.

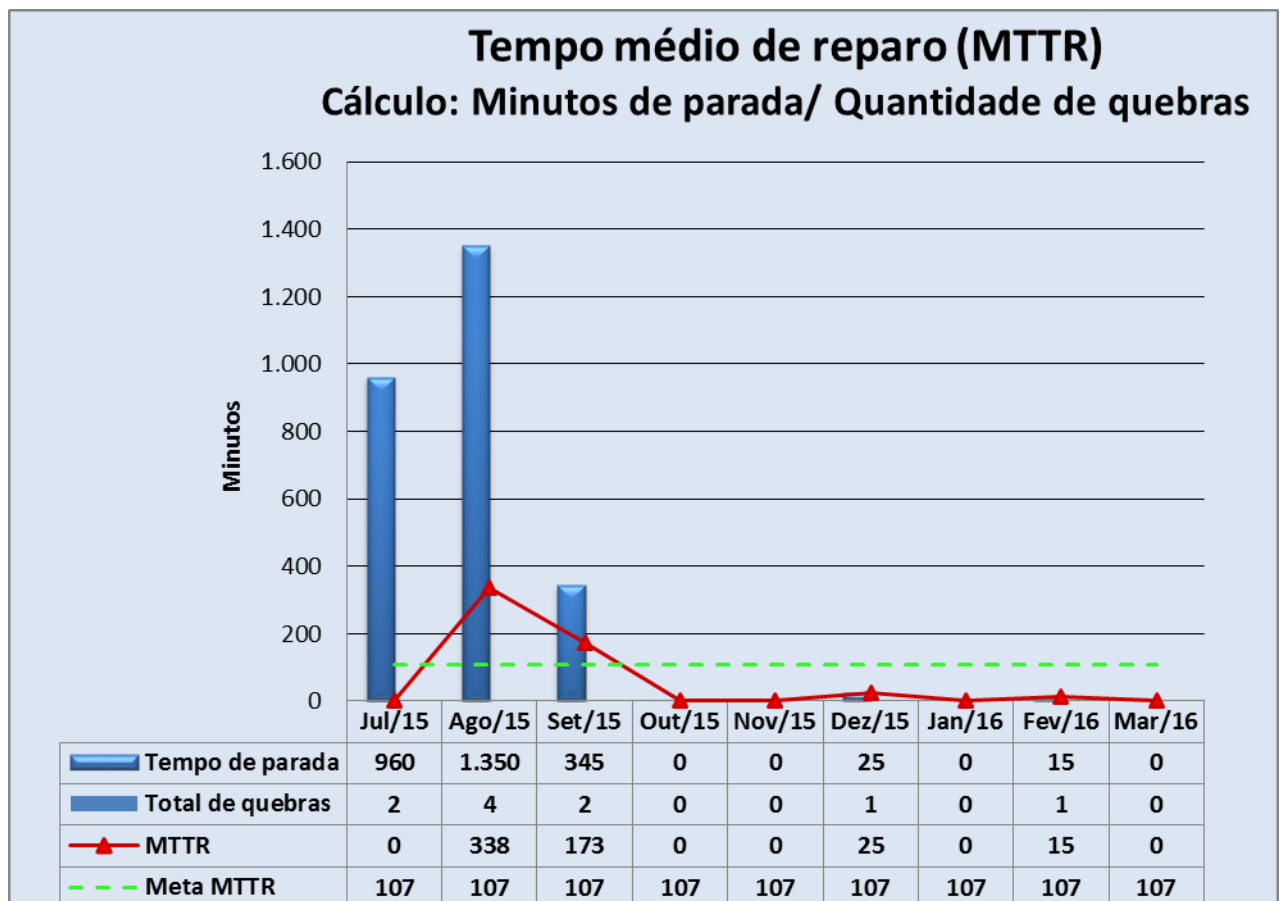


Fonte: Próprio autor.

Através do indicador de MTTR mostrado na figura 40, é possível constatar que com o *retrofit* realizado a manutenção demanda menos tempo para solucionar os problemas, devido ao fato de possuir um quadro de comando elétrico organizado, agora com esquema elétrico atualizado, e agregando os demais quadros em apenas um painel, além da implantação da IHM facilitando o diagnóstico das falhas e da mudança de comando para CLP, trazendo mais rapidez na análise dos problemas.

Também são levados em consideração os trabalhos realizados pontualmente buscando eliminar as frequentes falhas que ocorriam na máquina, como a mudança do sistema de posicionamento antes feito por micros, que causavam muitos defeitos e agora é feito pelo *encoder*, ficando distante da área de atuação da máquina diminuindo o contato com o ambiente agressivo de corte.

Figura 40 – Indicador de MTTR após a modernização.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com o gráfico, a partir do mês de outubro a máquina não apresentou mais uma grande quantidade de defeitos, sendo que na maioria dos meses a manutenção não precisou atender nenhuma ocorrência na máquina, com exceção dos meses de dezembro e janeiro, contudo os problemas foram solucionados com maior rapidez.

Outro ponto importante que vale a pena atentar é a diminuição do tempo de ciclo da máquina, que antes era de 1min e 4seg e após a realização do trabalho está em 42seg. Essa diminuição trouxe uma melhora significativa em relação ao número de peças produzidas, possibilitando o alcance das metas com maior facilidade. A tabela 11, demonstra qual a mudança de rendimento que a máquina obteve.

Tabela 11 – Comparativo da capacidade de produção

Capacidade de produção		
PERÍODO	ANTES (64seg)	DEPOIS (42seg)
Por dia	375	571
Por mês	7500	11428
Meta (média)	14000	14000

CONCLUSÃO

De acordo com o desenvolvimento da metodologia descrita, verificou-se que por meio da modernização do comando elétrico de uma máquina de serra, substituindo um sistema obsoleto por novas tecnologias, é possível aumentar a produtividade da máquina eliminando frequentes paradas na linha e tornando a ação da manutenção mais eficiente.

O projeto em questão realizou seu propósito que era a diminuição do tempo de processo com a criação de uma lógica em *ladder* utilizando um CLP, fazendo o controle de avanço por um *encoder* e de giro por um inversor de frequência, toda a modernização foi feita atendendo os requisitos da NR12 e aplicação de um sistema de interface homem máquina para auxiliar a identificação de falhas, o que tornou a resolução de problemas mais eficiente.

Os recorrentes problemas enfrentados pela manutenção durante as correções de falhas na máquina foram diminuídos e constatados através da análise dos indicadores de manutenção, o projeto possibilitou o atingimento das metas por parte da manutenção e também pela produção, tendo em vista que agora a máquina possui um rendimento maior e consegue produzir o esperado sem ficar sobrecarregada como era com o comando antigo.

Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de uma IHM que possa fazer comunicação em rede, trazendo dados de produção e avaliação do rendimento da máquina a fim de identificar em toda área fabril, quais as máquinas que se encontram ineficientes necessitando da aplicação de uma modernização.

REFERÊNCIAS

ABRACICLO. **Polo de duas rodas de Manaus**. São Paulo: 2016. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/dados-do-setor/78-producao>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

ANTONELLI, P. L. **Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)**. 2009. Disponível em: <www.ejm.com.br/download/IntroducaoCLP.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

BRAGA, Newton C. **Como funcionam os encoders**. 2012. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

CATÁLOGO FINDER. **Relés Industriais**. 2016. Disponível em : <<https://www.findernet.com/pt-BR/products/families/9>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

CATÁLOGO MITSUBISHI Electric. **Controladores Programáveis**. 2016. Disponível em: <http://www.mitsubishielectric.com/fa/br_pt/download/catalog>. Acesso em: 21 fev. 2016.

CATÁLOGO ROCKWELL Automation. 2016. Disponível em: <http://www.rockwellautomation.com/pt_BR/products-technologies>. Acesso em: 20 abr. 2016.

COZZO, Reinaldo. **Relés Eletromecânicos e de Estado Sólido**. São Paulo: Atitude, 2009. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

FRANCHI, C. M. **Inversores de frequência: teoria e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2008.

JACINTO, R. **Revista Mecânica Atual**. 39 ed. Fevereiro. São Paulo: Saber, 2015.

MAMEDE, J. F. **Instalações Elétricas Residenciais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

PAREDE, I. M. **Eletrônica: automação industrial**. 6.ed. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

ROCHA, J. S. **AJ Automação**. Supernova Themes. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.ajautomacao.com/search_gcse/#gsc.tab=0>. Acesso em: 04 abr. 2016.

ROSARIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

SIEMENS. **Soluções para gerenciamento do ciclo de vida**. 2009. Disponível em: <<http://www.siemens.com.br/templates/coluna1>>. Acesso em 04 abr. 2016.

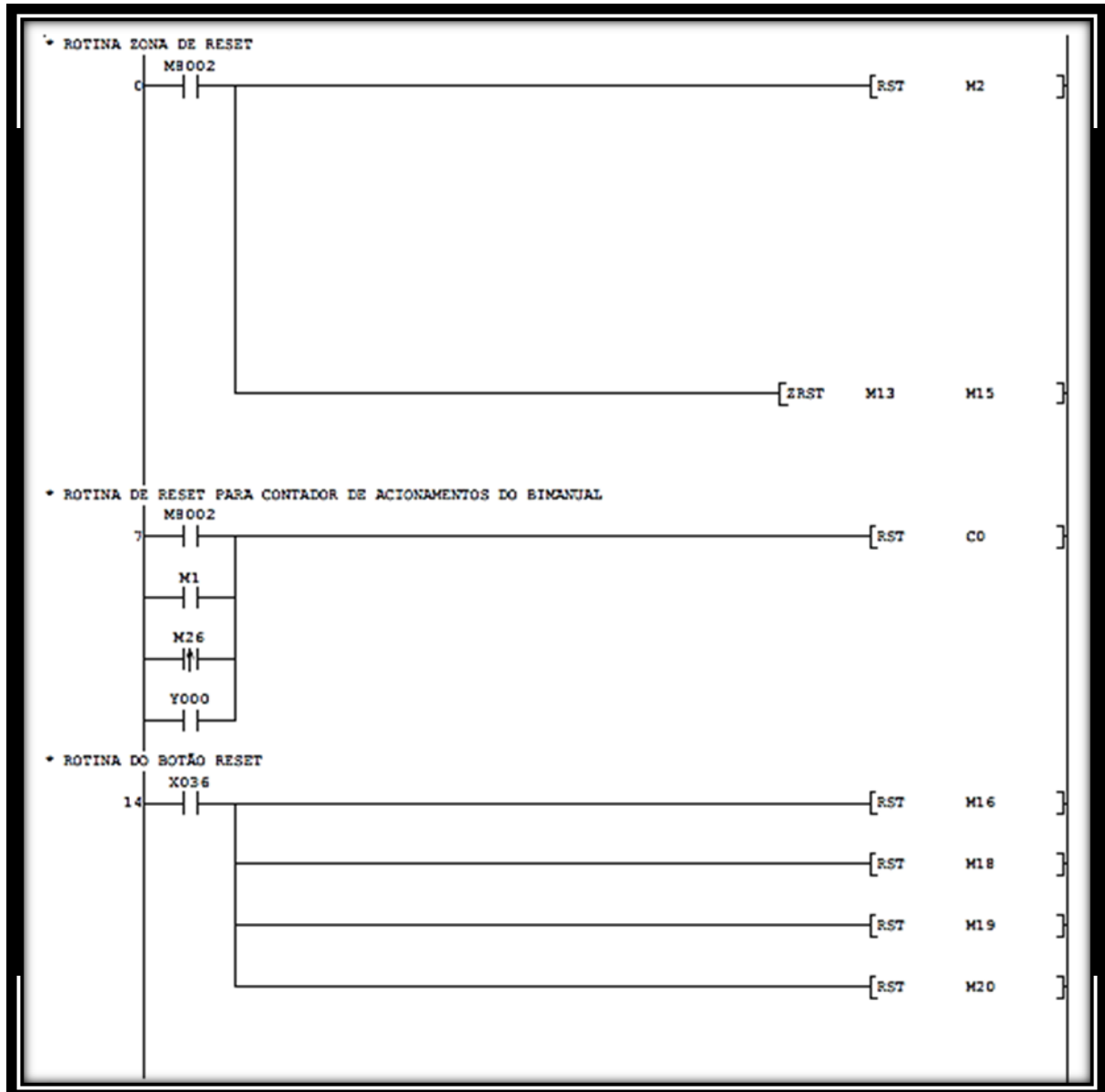
SILVEIRA, P. R.; DOS SANTOS W. E. **Automação e Controle Discreto**. 9. ed. Rio de Janeiro: Érica, 2012.

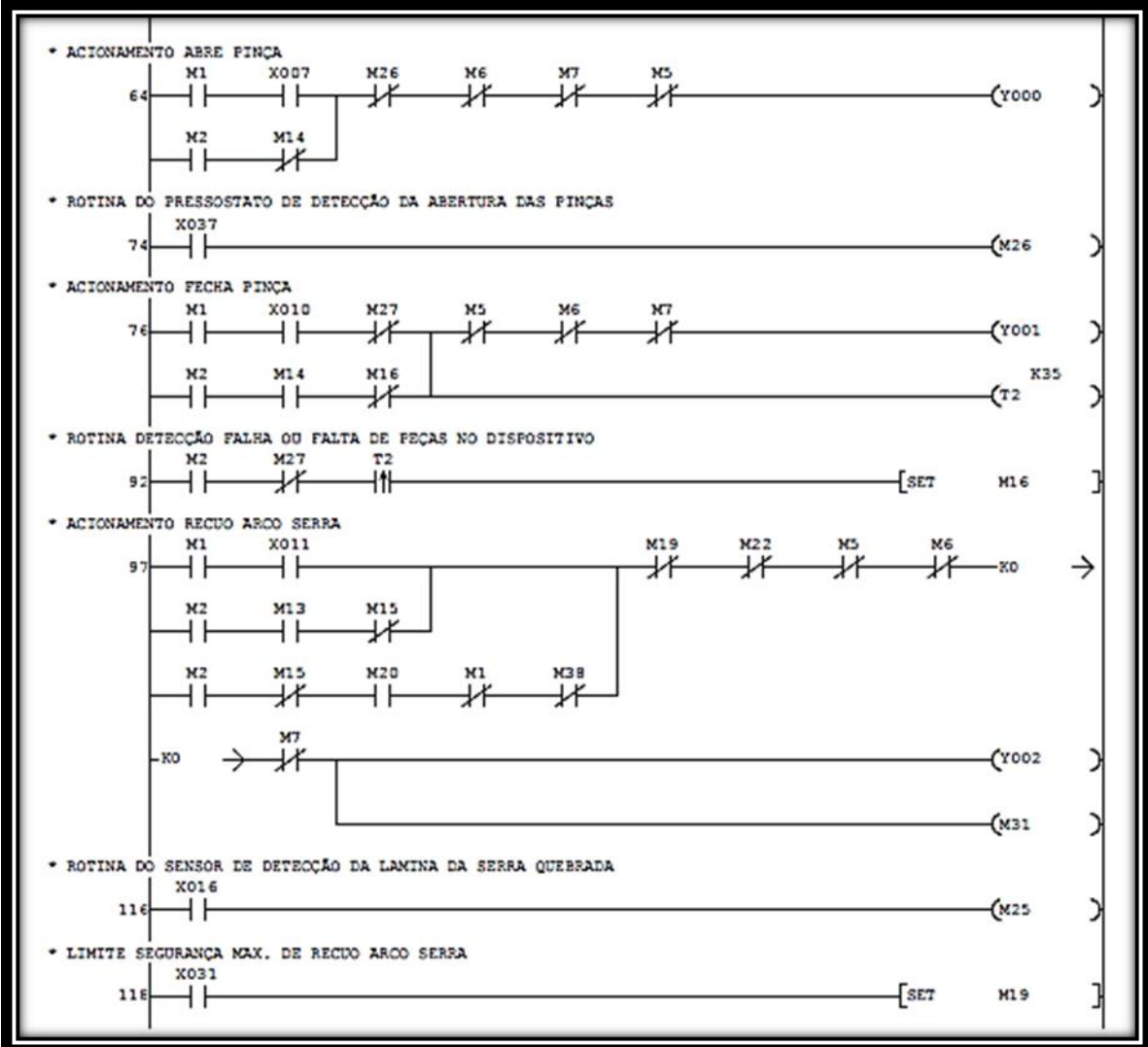
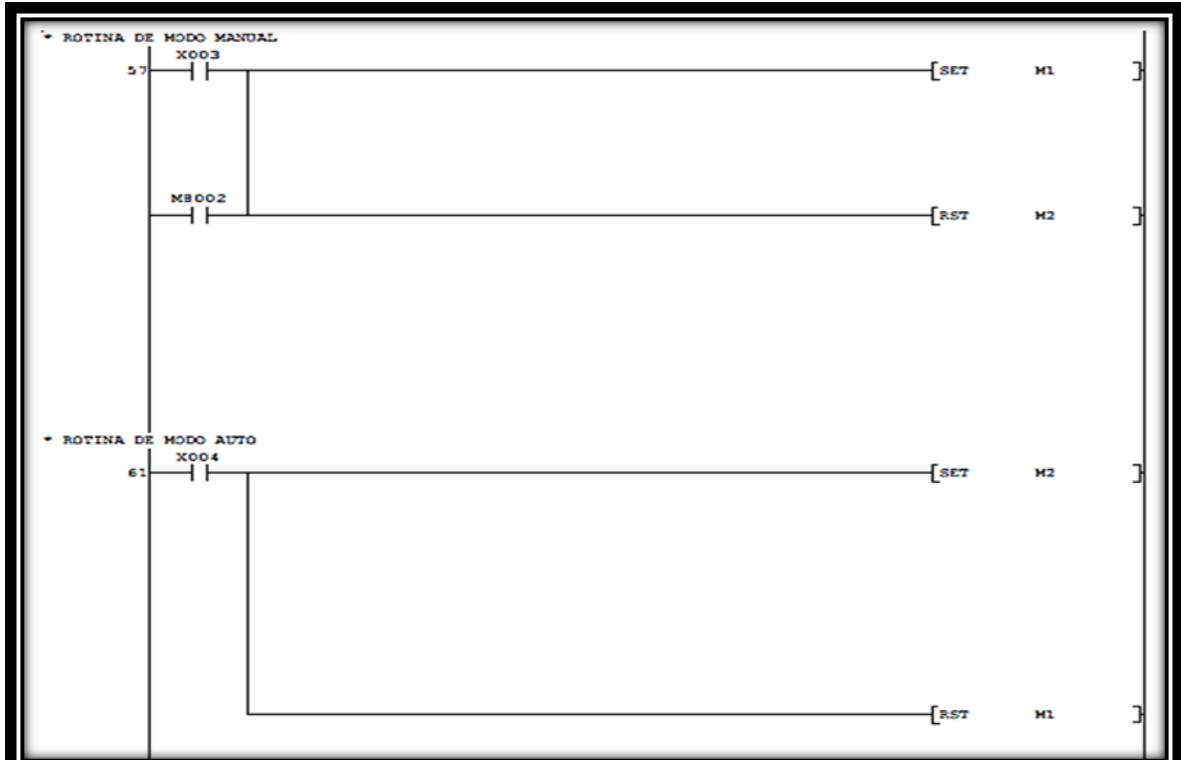
SOUZA, E. L. de. **Controladores Lógicos Programáveis**. 2005. Disponível em: <www.leopoldina.cefetmg.br/moodle/file.php/40/clp3.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2011

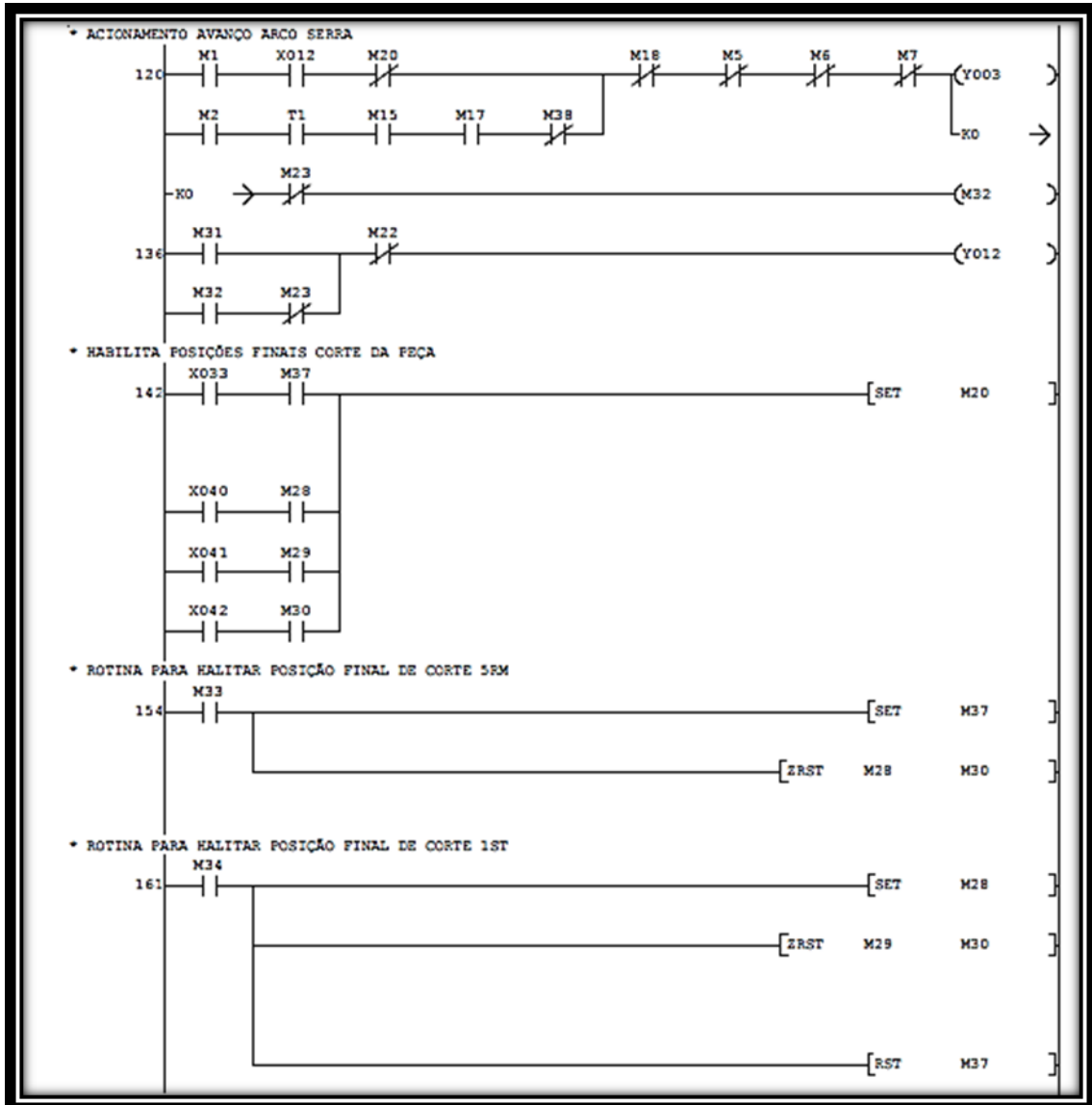
TIMOTEO, L. F. M. **Codificadores Rotativos Ópticos**. 2013. Disponível em : <<http://pt.slideshare.net/MarioTimotius/automao-industrial-encoders-pticos-rotativos>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

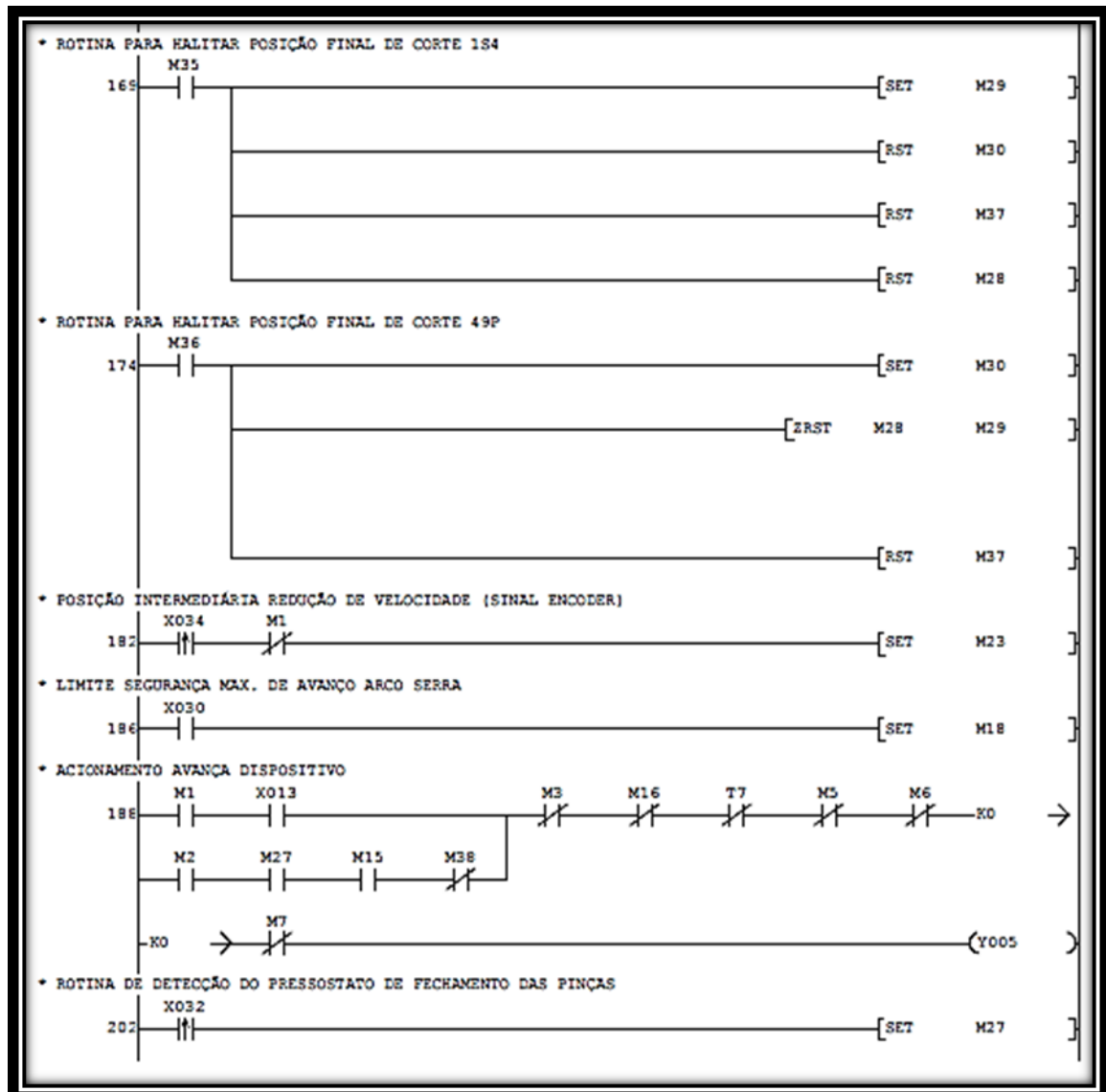
TURCHETTI, V. A. **Estudo de Encoders Ópticos Baseados no Efeito Moiré e Projeto de um Kit de Encoder Didático**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual de Campinas. 2007. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~lotavio2007_VictorTurchetti.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2016.

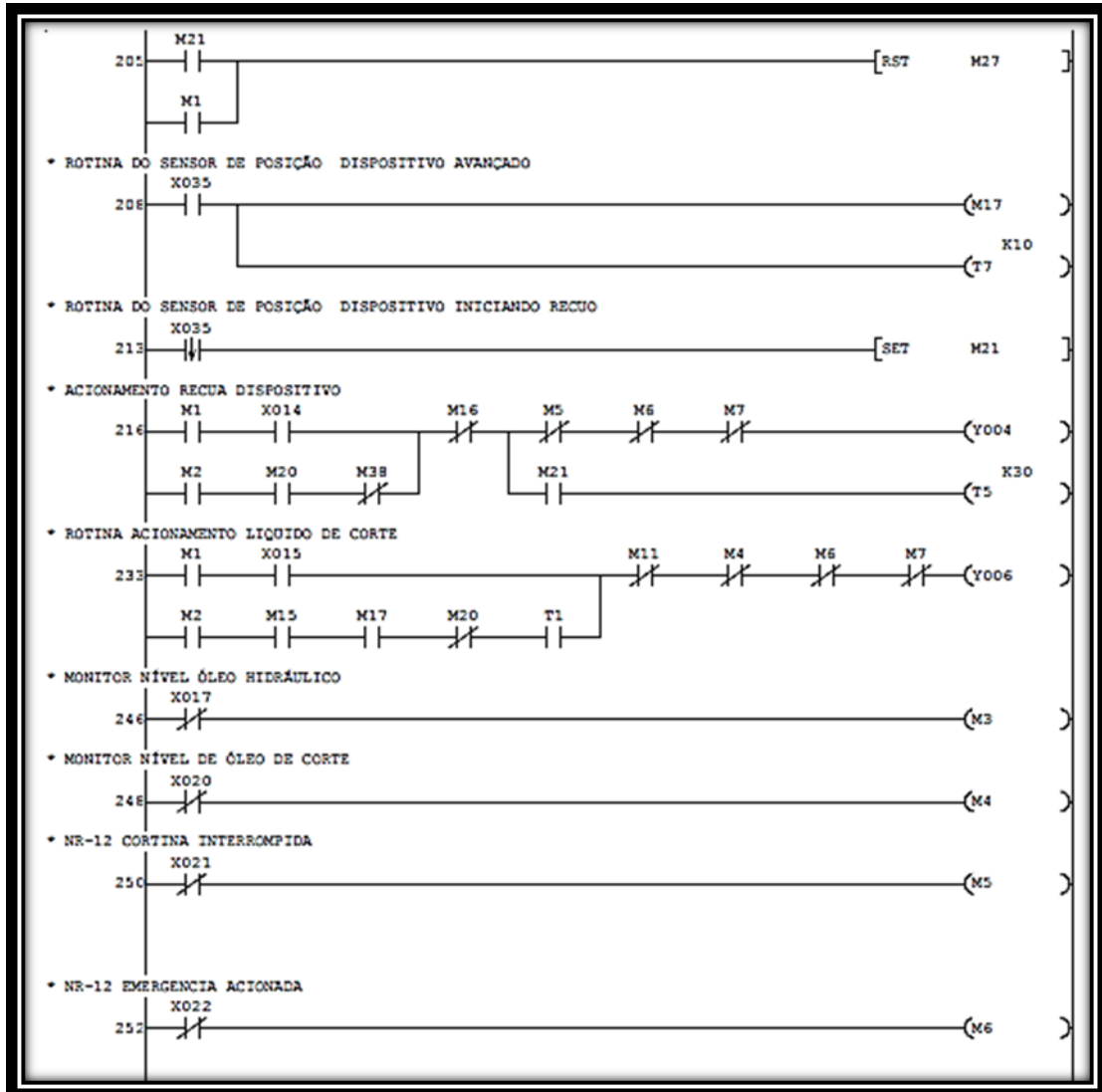
APÊNDICE A – ALGORITMO EM LADDER DA MÁQUINA DE SERRA

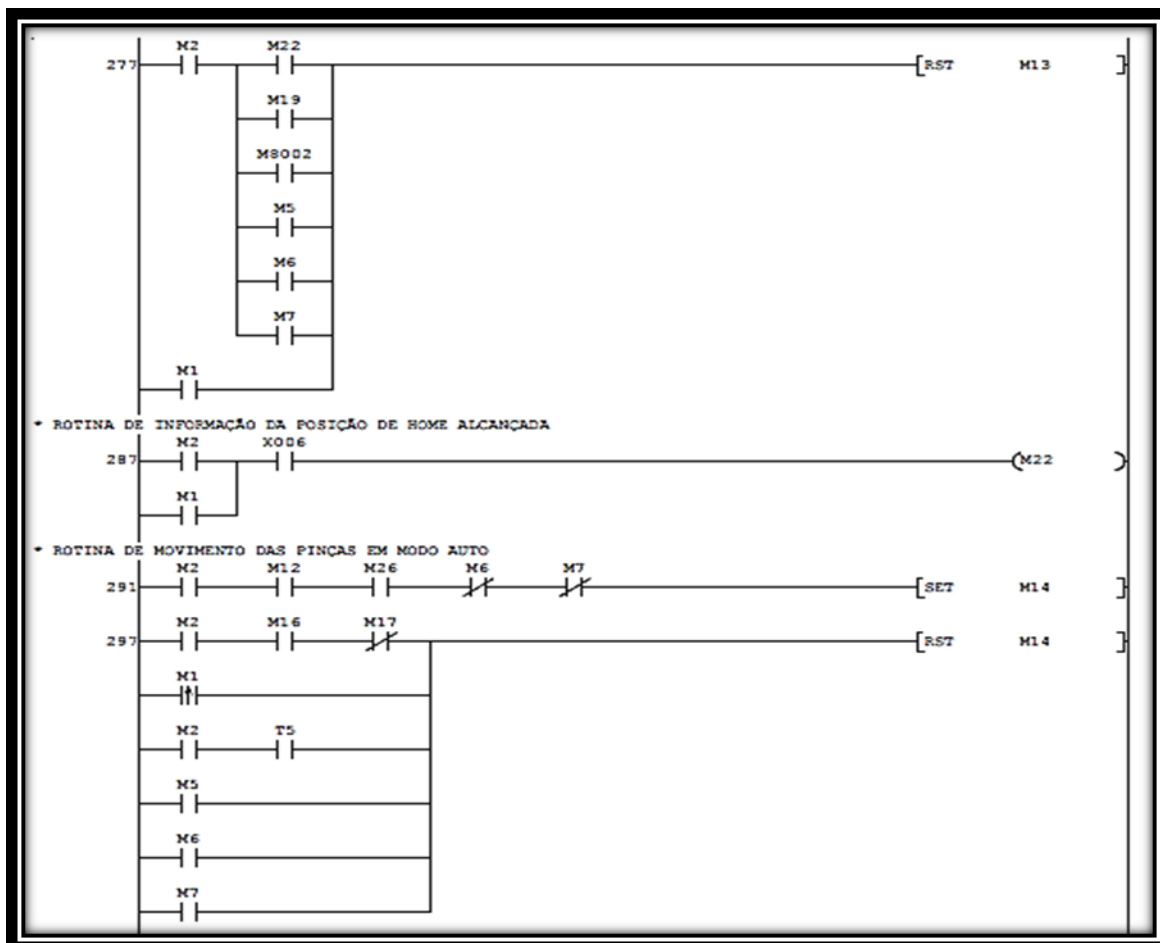
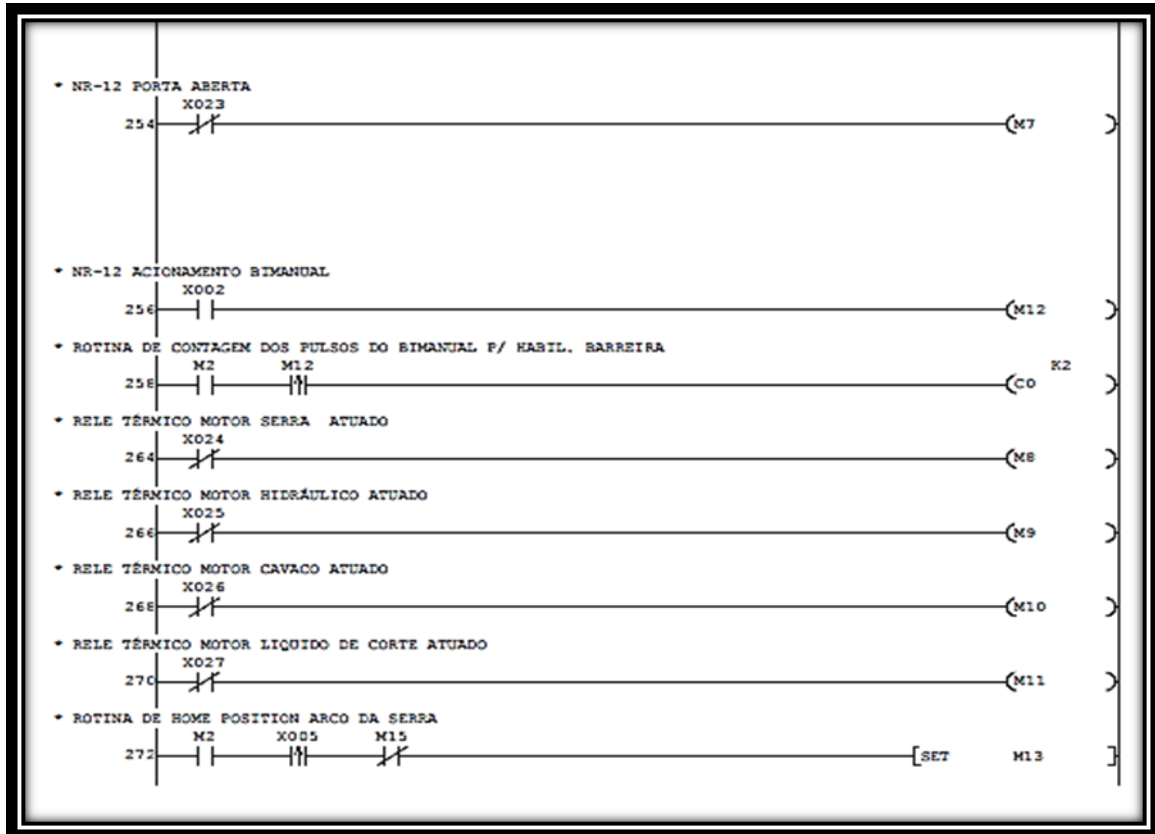


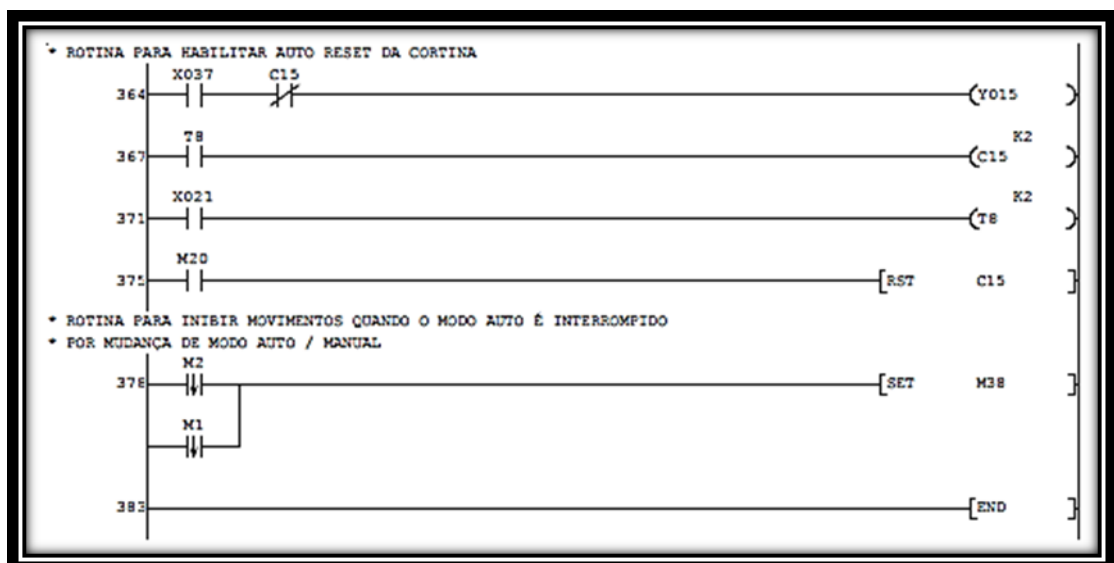
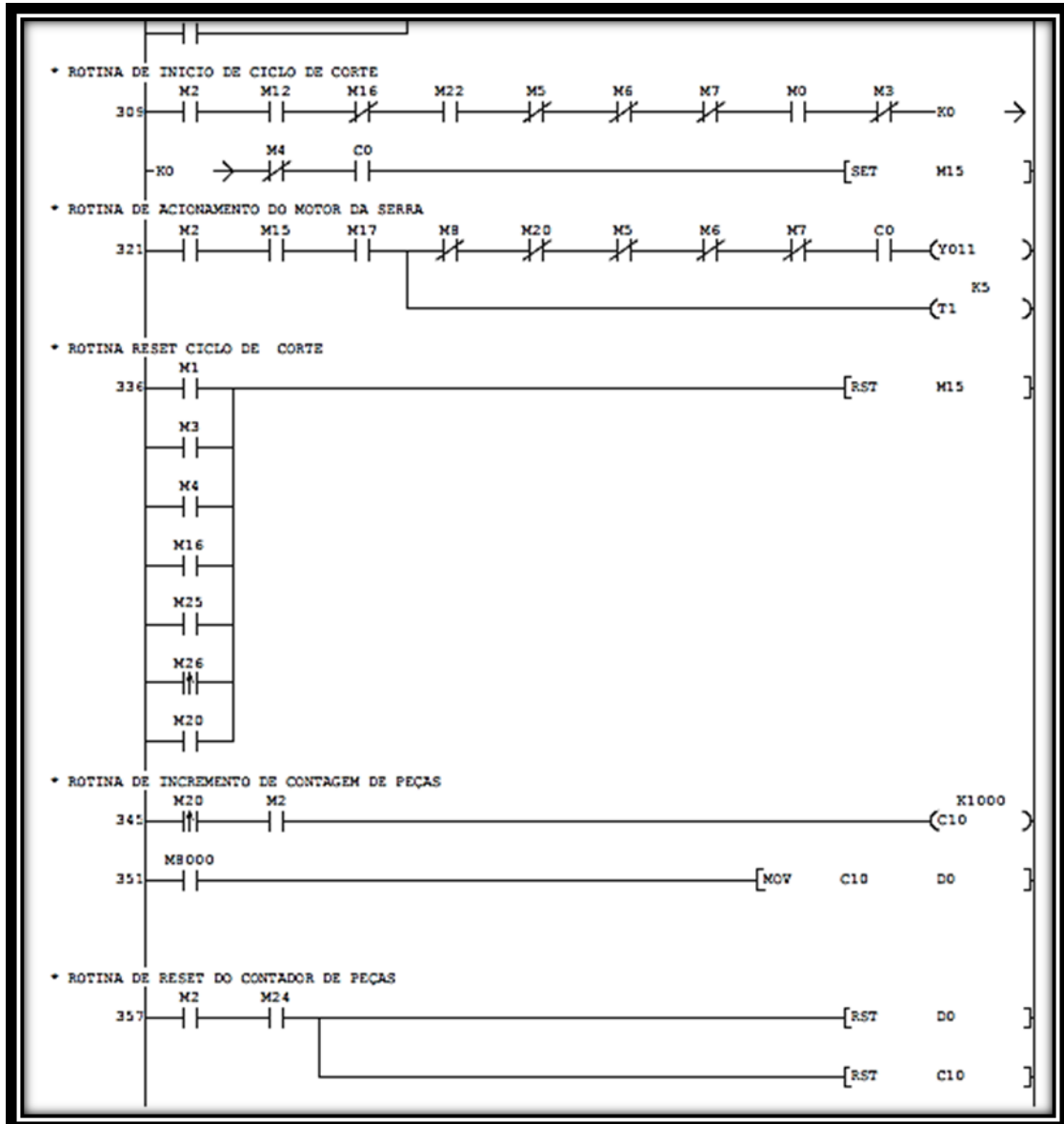







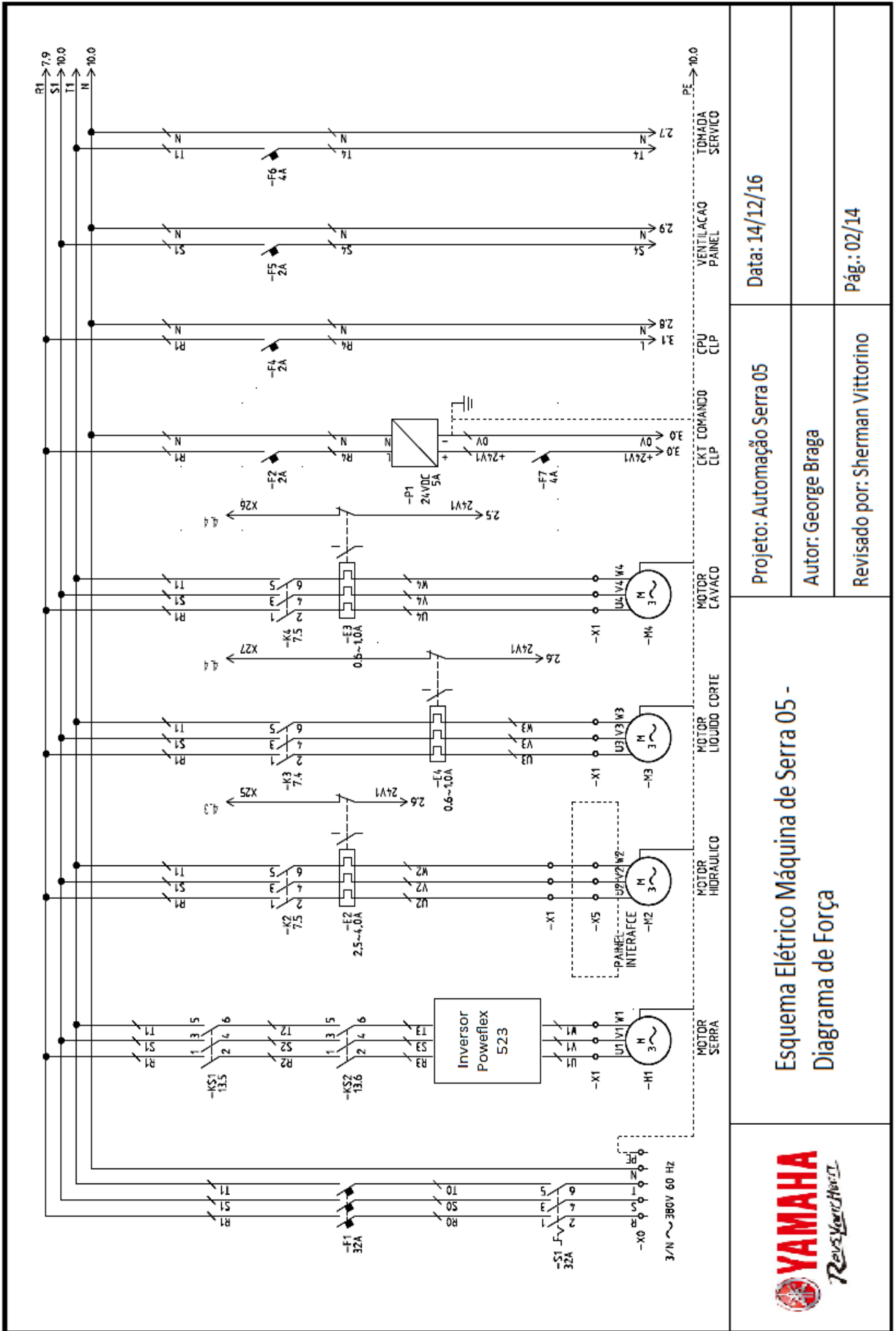






APÊNDICE B – ESQUEMA ELÉTRICO DO PAINEL DE COMANDO

<p>ESQUEMA ELÉTRICO GERAL E SISTEMA DE SEGURANÇA NR-12 MÁQUINA SERRA LINHA "C" 1ST/5RM</p>		<p>Data: 14/12/16</p>
<p>Esquema Elétrico Máquina de Serra 05 - Diagrama de Força</p>		<p>Projeto: Automação Serra 05</p>
		<p>Autor: George Braga</p>
		<p>Revisado por: Sherman Vittorino</p>
	<p>Pág: 01 / 14</p>	

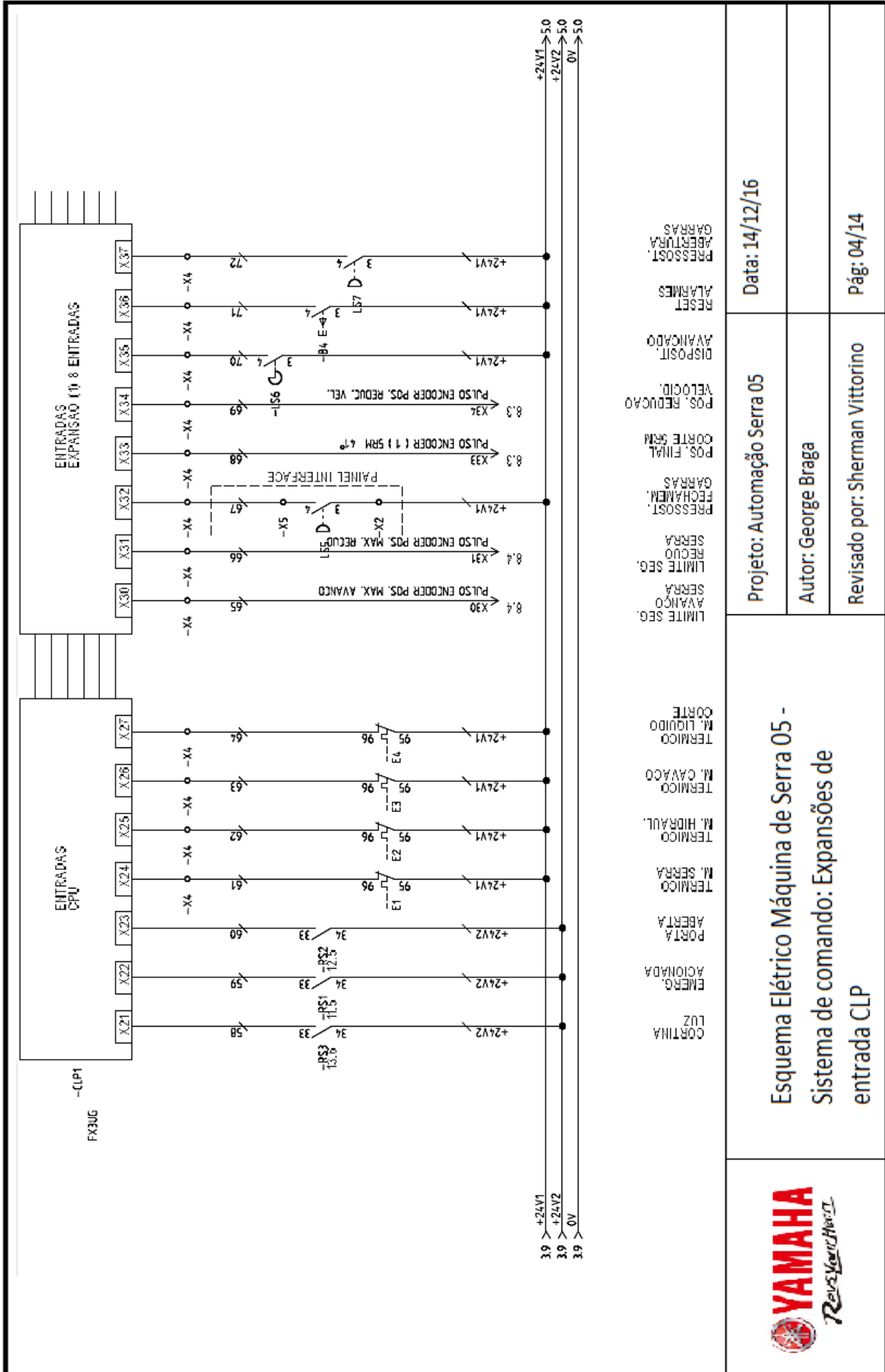


Projeto: Automação Serra 05
 Autor: George Braga
 Revisado por: Sherman Vittorino

Data: 14/12/16
 Pág.: 02/14

Esquema Elétrico Máquina de Serra 05 -
 Diagrama de Força



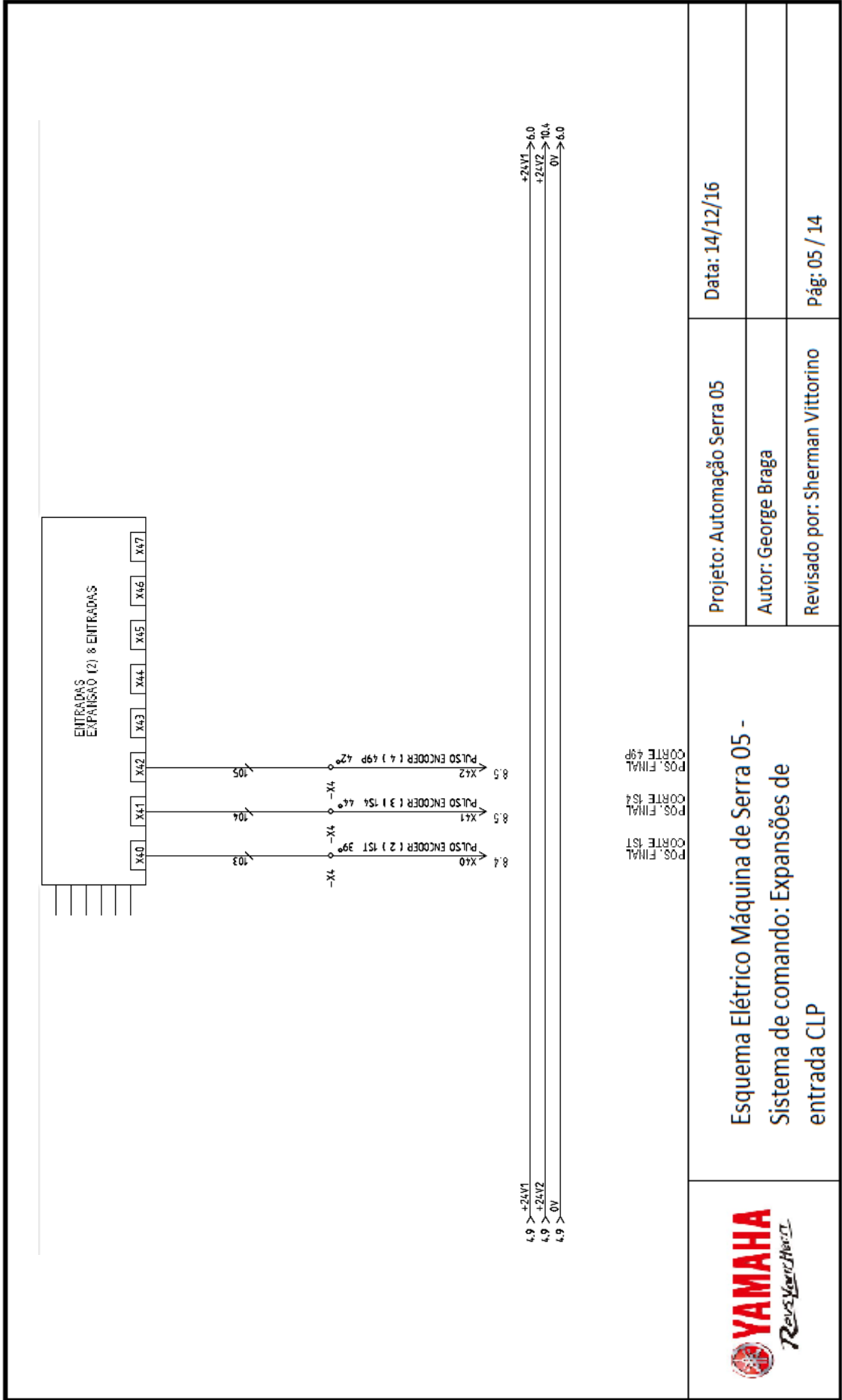


Projeto: Automação Serra 05
 Autor: George Braga
 Revisado por: Sherman Vittorino

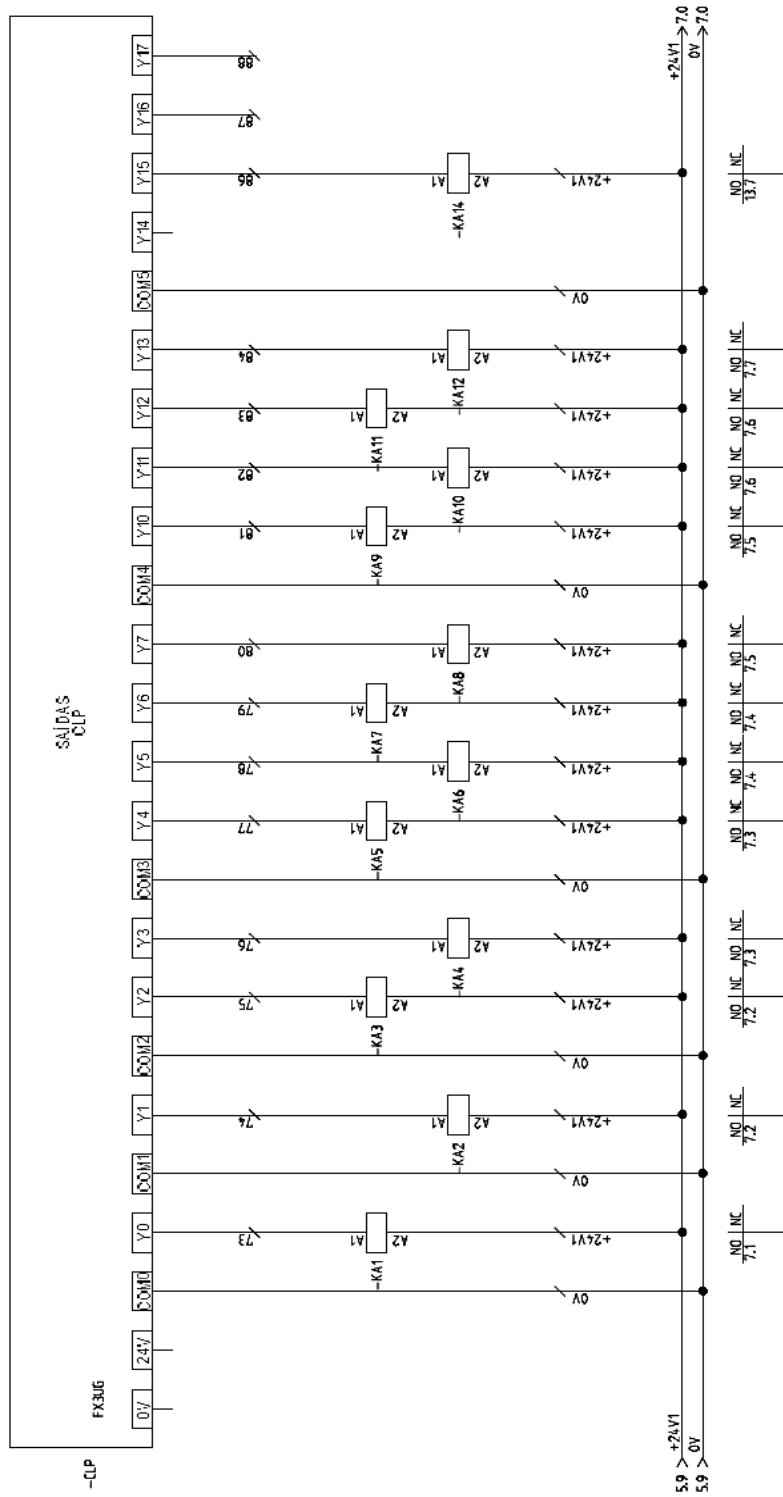
Data: 14/12/16
 Pág: 04/14


Esquema Elétrico Máquina de Serra 05 -
 Sistema de comando: Expansões de
 entrada CLP

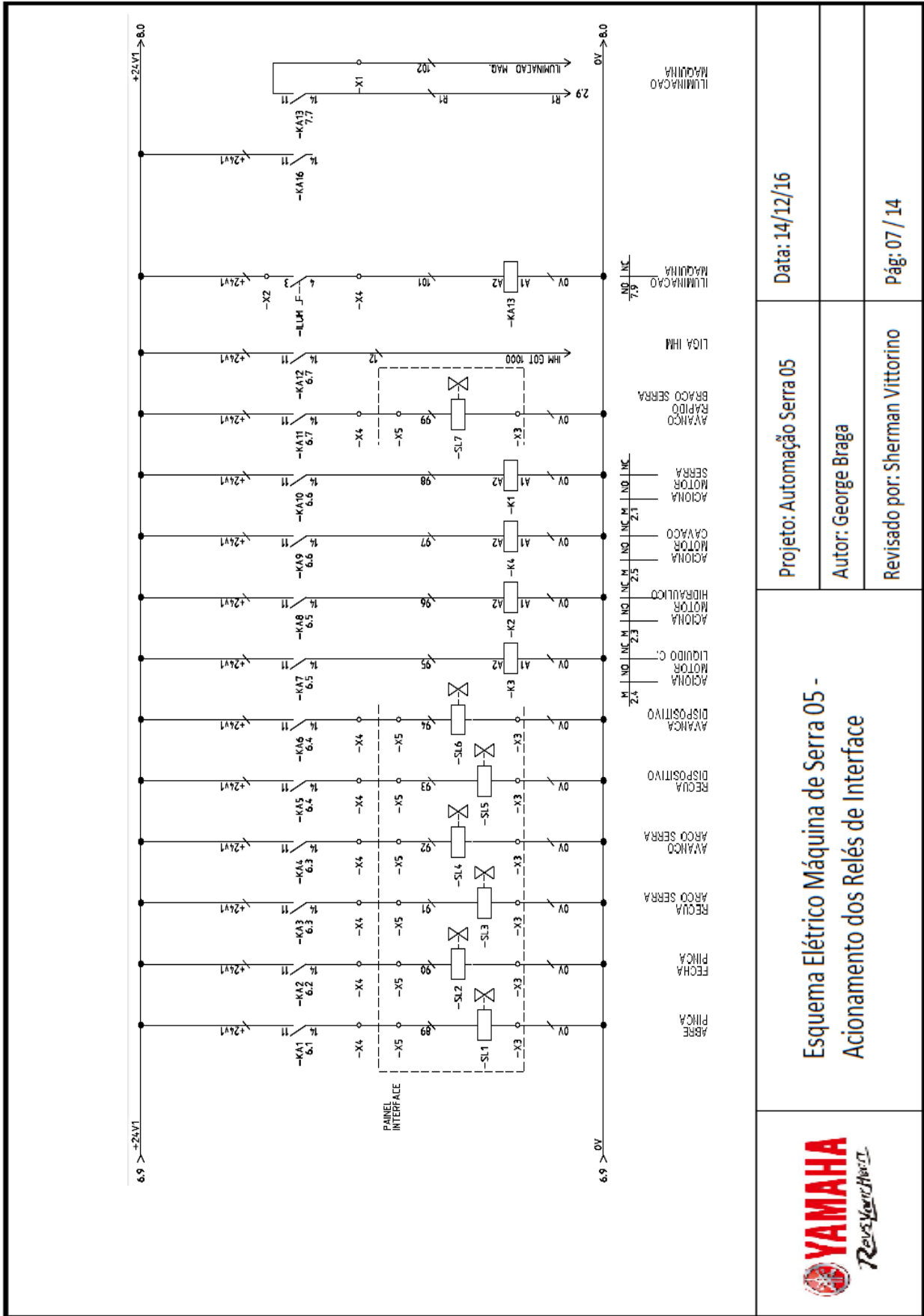




	Esquema Elétrico Máquina de Serra 05 - Sistema de comando: Expansões de entrada CLP	
	Projeto: Automação Serra 05	Data: 14/12/16
	Autor: George Braga	
Revisado por: Sherman Vittorino		Pág: 05 / 14



	Esquema Eléctrico Máquina de Serra 05 - Acionamento dos Relés de Interface	
	Projeto: Automação Serra 05	Data: 14/12/16
	Autor: George Braga	Pág: 06 / 14
Revisado por: Sherman Vittorino		

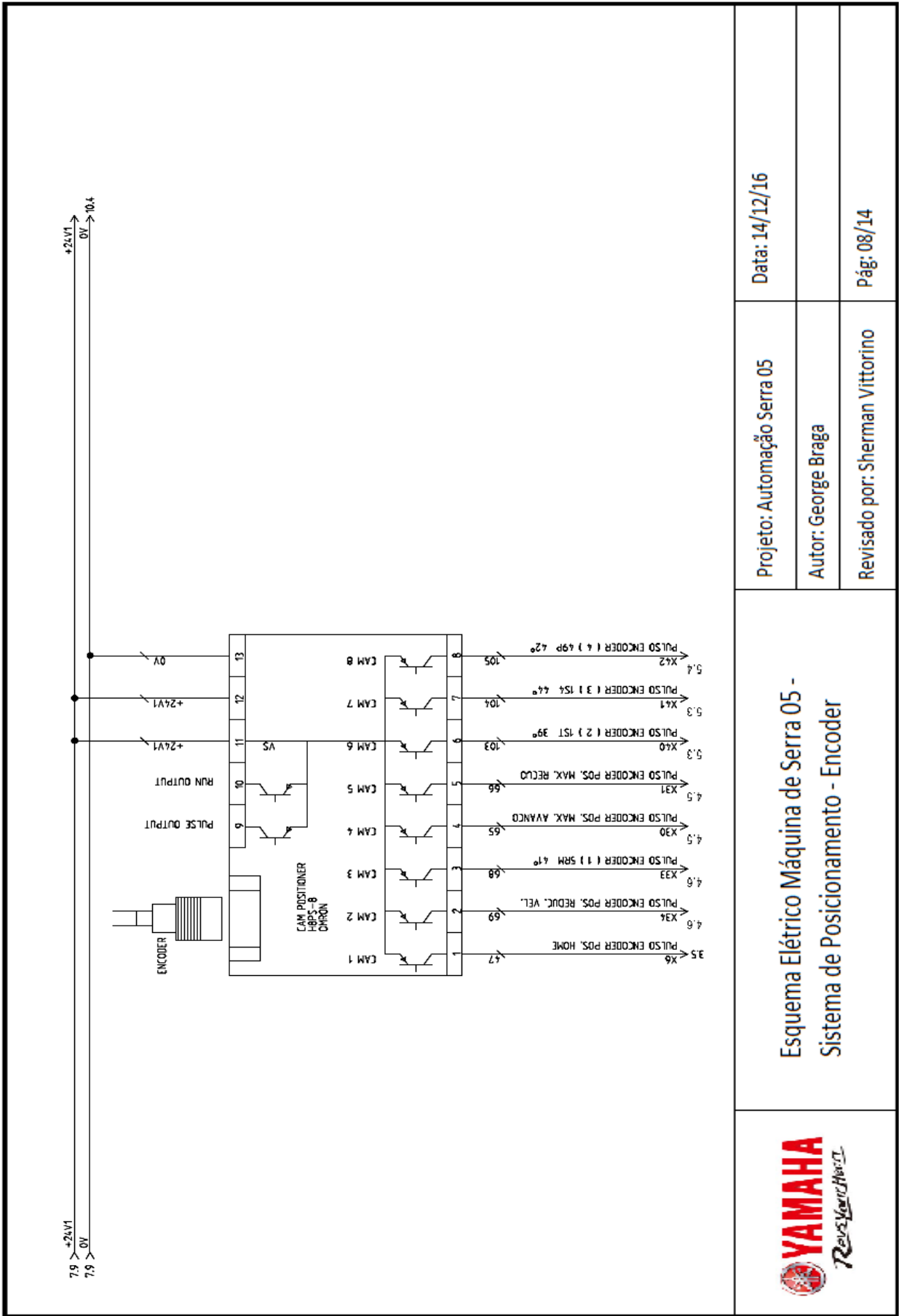


Projeto: Automação Serra 05
 Autor: George Braga
 Revisado por: Sherman Vittorino

Data: 14/12/16
 Pág: 07 / 14

Esquema Elétrico Máquina de Serra 05 -
 Acionamento dos Relés de Interface





Esquema Eléctrico Máquina de Serra 05 -
Sistema de Posicionamento - Encoder

Projeto: Automação Serra 05	Data: 14/12/16
Autor: George Braga	
Revisado por: Sherman Victorino	Pág: 08/14



ESQUEMA ELÉTRICO SISTEMA DE SEGURANÇA NR-12



Esquema Elétrico Máquina de Serra 05 -
NR12

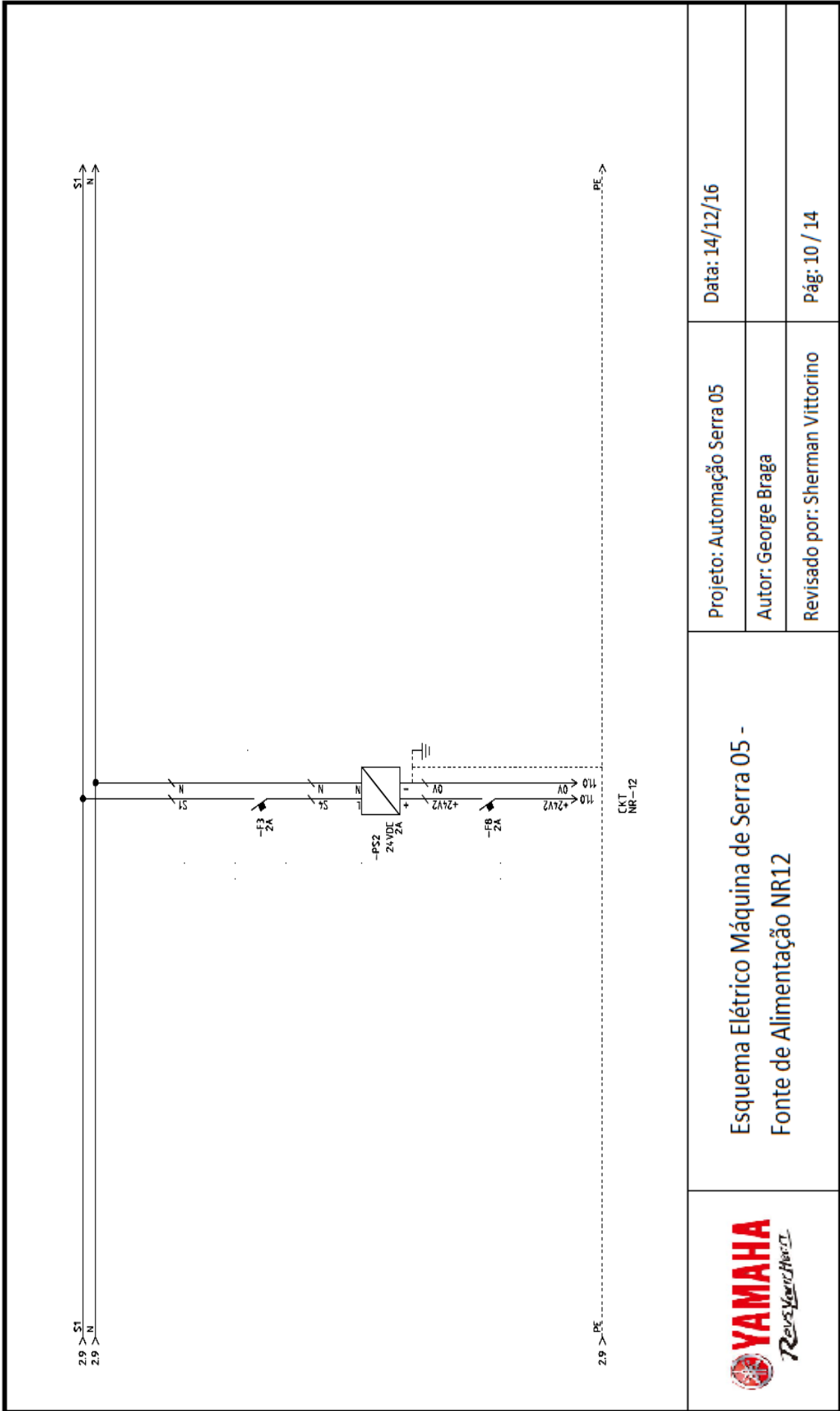
Projeto: Automação Serra 05

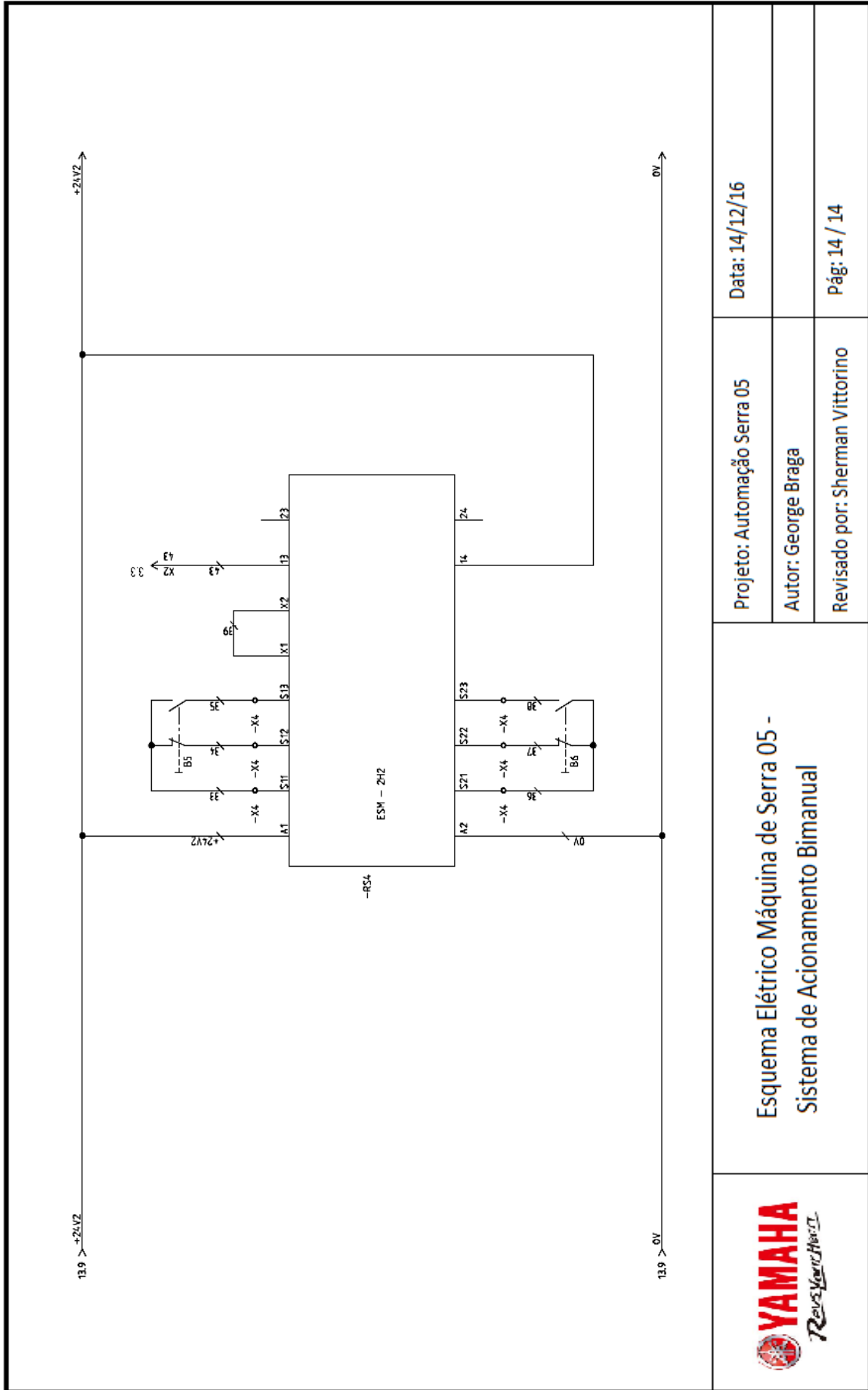
Autor: George Braga

Revisado por: Sherman Vittorino

Data: 14/12/16

Pág: 09 / 14





Esquema Eléctrico Máquina de Serra 05 -
Sistema de Acionamento Bimanual

Projeto: Automação Serra 05	Data: 14/12/16
Autor: George Braga	
Revisado por: Sherman Vittorino	Pág: 14 / 14