



LUCAS VIEIRA PRAZERES

REATIVAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DA  
LINHA DE CORTE E REINSPEÇÃO DA CSN

LAVRAS-MG

2019

**LUCAS VIEIRA PRAZERES**

**REATIVAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DA  
LINHA DE CORTE E REINSPEÇÃO DA CSN**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Danton Diego Ferreira  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2019**

**LUCAS VIEIRA PRAZERES**

**REATIVAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DA  
LINHA DE CORTE E REINSPEÇÃO DA CSN**

**REACTIVATION AND OPTIMIZATION OF THE CSN CUTTING AND  
REINSTATEMENT LINE AUTOMATION SYSTEM**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em: 17 de junho de 2019

Prof. Dr. Danton Diego Ferreira  
Prof. Dr. Fábio Domingues de Jesus  
Eng. Giovana Borges

Prof. Dr. Danton Diego Ferreira  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2019**

*Dedico à minha família que sempre lutou comigo em busca dos meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, por todos os momentos únicos vividos, em especial ao Departamento de Engenharia e a todo colegiado da automação, vocês foram de extrema importância em meu crescimento profissional e pessoal.

Ao Professor Danton Diego Ferreira por ter aceitado a missão de me orientar neste trabalho.

Aos grupos que tive a honra de integrar: Robótica Jr, Consej e CEAD por terem me dado a base e a coragem de poder ver o mundo com outros olhos e assim ter me impulsionado a seguir no caminho que acreditava.

A todos os amigos com quem tive o prazer de compartilhar essa jornada tão gostosa, aos 2011/2 que vivenciaram momentos ímpares comigo e fizeram sua companhia de extrema importância, vocês sabem quem são, aos meus companheiros de Lavras por terem feito a caminhada tão mais leve e com tantas histórias pra contar e aos meus irmãos da gloriosa República Cabaré que sem dúvidas são pessoas que levarei para o resto da minha vida, meus irmãos por escolha e que escolha maravilhosa.

Aos meus familiares que nunca deixaram de acreditar em mim em nenhum momento, em especial meus pais que tenho como significado de luta, honestidade e caráter, vocês significam tudo para minha vida, ao meu irmão que acompanhou essa batalha de perto comigo e me apoiou nos momentos em que mais precisei. Ao meu tio, Ademir e ao meu avô José (*in memoriam*) que jurei terminar essa batalha e sei que independente de onde estejam estão olhando por mim, a minha avó Terezinha pelo apoio incondicional.

A CSN pela experiência incrível e pelos amigos verdadeiros em que fiz lá.

Por fim, a Deus pela vida e por poder vivê-la tendo tantas pessoas maravilhosas ao meu redor. Gratidão.

*“Paz no caos.”*  
*(Gilmar Oliveira)*

## RESUMO

O trabalho vem relatar a implantação de um sistema de automação dentro da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em uma linha com componentes já descontinuados, trazendo junto o desenvolvimento do novo sistema de automação, especificação dos componentes e a criação de uma nova documentação para que a linha em questão fosse modernizada. O projeto foi inteiramente desenvolvido por mão de obra interna durante os períodos que compreendem de fevereiro de 2018 a maio de 2019. Neste trabalho são abordadas todas as etapas necessárias para que implantação do projeto fosse concluída, digitalizando seus pontos de entrada e saída e modernizando sua forma de controle visando a segurança dos trabalhadores envolvidos no meio a efetividade e monitoramento da linha pelo melhor caminho e custo benefício para empresa.

**Palavras-chave:** Automação. Modernização. Gestão. Projeto. Custo.

## **ABSTRACT**

The work reports the implementation of an automation system within Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), in a line with already discontinued components, bringing together the development of the new automation system, specification of the components and the creation of new documentation for the line in question was modernized. The project was fully developed by internal workforce during the periods from February 2018 to May 2019. In this work all the necessary steps are taken to complete the implementation of the project, digitizing its points of entry and exit and modernizing its form of control aiming at the safety of the workers involved in the means the effectiveness and monitoring of the line for the best way and cost benefit for company.

**Keywords:** Automation. Modernization. Management. Project. Cost.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Esquemático da linha LCR. Pág. 20.
- Figura 2 – Circuito elétrico da MRH. Pág. 21.
- Figura 3 – Composição de um CLP. Pág. 24.
- Figura 4 – Ciclo de processamento do CLP. Pág. 25.
- Figura 5 – Exemplo de IHM. Pág. 27.
- Figura 6 – Pirâmide de automação. Pág. 29.
- Figura 7 – Cenário das redes industriais. Pág. 30.
- Figura 8 – Encoder Ilustrativo. Pág. 32.
- Figura 9 – Diagrama Funcional. Pág. 34.
- Figura 10 – Diagrama Unifilar. Pág. 34
- Figura 11 – Diagrama trifilar. Pág. 35.
- Figura 12 – Especificação CLP principal. Pág. 41.
- Figura 13 – CLP principal. Pág. 41.
- Figura 14 – Especificação remota 1. Pág. 42.
- Figura 15 – Remota 1. Pág. 42.
- Figura 16 – Especificação remota 2. Pág. 43.
- Figura 17 – Remota 2. Pág. 43.
- Figura 18 – Dispositivo HMI OP 270. Pág. 48.
- Figura 19 – Topologia de rede. Pág. 49.
- Figura 20 – Novo painel principal frontal. Pág. 50.
- Figura 21 – Novo painel principal traseira. Pág. 51.
- Figura 22 – Novo painel remota. Pág. 51.
- Figura 23 – Cálculos necessários para o desenvolvimento da lógica de programação. Pág. 52.
- Figura 24 – Painéis MRH antes da implantação. Pág. 55.
- Figura 25 – Painel atual especificado e instalado. Pág. 55.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Lista de I/O. Pág. 39.

Tabela 2 – Valor total dos materiais requisitados. Pág. 44.

Tabela 3 – Lista de materiais correspondentes a primeira etapa. Pág. 45.

Tabela 4 – Lista de materiais correspondentes a segunda etapa. Pág. 45.

Tabela 5 – Cronograma completo. Pág.46.

Tabela 6 – Comparativo de valores. Pág. 54.

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLO**

CSN – Companhia siderúrgica nacional  
LCR – Linha de corte e reinspeção  
GEE – gerência de estanhamento eletrolítico  
GTA – gerência de tecnologia em automação  
GGFM – gerência geral de folha metálicas  
ESAL – Escola Superior de Agricultura de Lavras  
UFLA – Universidade Federal de Lavras  
CLP – controlador lógico programável  
IHM – interface homem máquina  
GUT – gravidade, urgência, tendência  
CPU – Unidade de processamento central  
MRH – Master relay headlight

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>Introdução</b>	<b>14</b>
	1.1	Motivação ..... 14
	1.2	Objetivo ..... 15
	1.3	Local da realização ..... 16
	1.3.1	Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) ..... 16
	1.3.2	Universidade Federal de Lavras ..... 17
	1.4	Estrutura do trabalho ..... 17
<b>2.</b>	<b>Referencial teórico</b>	<b>19</b>
	2.1	Sobre a linha ..... 19
	2.1.1	MRH ..... 20
	2.2	Análise GUT ..... 22
	2.3	CLP ..... 22
	2.3.1	Constituição de um CLP ..... 23
	2.3.2	Entradas e Saídas ..... 24
	2.3.3	CPU ..... 24
	2.3.4	Ciclo de processamento ..... 25
	2.3.5	Linguagens de programação ..... 25
	2.4	Interface Homem Máquina (IHM) ..... 26
	2.5	Arquitetura de Redes ..... 27
	2.5.1	Arquitetura Local ..... 27
	2.5.2	Arquitetura Centralizada ..... 27
	2.5.3	Arquitetura Distribuída nos Controladores ..... 28
	2.5.4	Arquitetura Distribuída Interconectada por Rede de Comunicação entre Controladores ..... 28
	2.5.5	Arquitetura Distribuída nos Sensores e Atuadores ..... 29
	2.5.6	Profibus ..... 31
	2.5.7	Encoder ..... 32

2.5.8	Diagramas elétricos .....	33
2.5.9	Motor CC.....	35
<b>3.</b>	<b>Materiais e Métodos.....</b>	<b>37</b>
3.1	Obtenção de informações da área, análise de desenhos, levantamento de campo (I/O) e definição de escopo.....	37
3.2	Apresentação de proposta de melhoria, Cronograma, Lista de materiais e Orçamento. ....	41
3.2.1	Análise e topologia de rede .....	48
3.3	Confecção de Desenhos elétricos, Projeto de Painel Elétrico. ....	49
3.4	Programação de logica para CLP, desenvolvimento de sistema supervisorio (IHM) .....	52
3.5	Implementação e Startup / As Buit e Treinamento.....	53
<b>4.</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>54</b>
	<b>5. Conclusão</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>Referência bibliográfica .....</b>	<b>58</b>

## **1. Introdução**

### **1.1 Motivação**

O Brasil é o 9º maior produtor de aço do mundo, o que o coloca em uma posição estratégica no cenário mundial. Em 2012, foram produzidos cerca de 34,5 milhões de toneladas de aço, e o setor foi responsável por 4% do PIB (Produtor Interno Bruto) do país. No Brasil, o parque produtor de aço está instalado em dez estados. Entre eles, destacam-se os da Região Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), que respondem por 94% do aço produzido no país e apresentam a maior concentração de empresas que atuam no setor. (PALERJO, 2016).

Notando a importância desse mercado em cenário nacional, as indústrias siderúrgicas dentro do nosso país vêm injetando cada vez mais recursos em suas plantas, seja em méritos tecnológicos ou de desenvolvimento interno com mão de obra capacitada e especializada de modo a se adequar as exigências dos mais variados tipos de clientes.

O presente trabalho foi realizado dentro da empresa companhia siderúrgica nacional (CSN) em sua usina Presidente Vargas, situada na cidade de Volta Redonda, no médio Paraíba, no sul do estado do Rio de Janeiro, contado com mais de 20 mil funcionários e tendo suas minas de minério de ferro e outros minerais na região de Congonhas e Arcos, ambas cidades do estado de Minas Gerais e também de carvão na região de Siderópolis no estado de Santa Catarina. Sua principal usina hoje produz cerca de 6 milhões de toneladas de aço bruto e mais de 5 milhões de toneladas de laminados por ano, sendo considerada uma das mais produtivas do mundo. Dentro do cenário siderúrgico existem uma vasta lista de sistemas que moldam o aço das mais diversificadas formas, envolvendo mecânica, elétrica e automação para o atendimento de todo esse mercado, possuindo de linhas que foram desenvolvidas e implantadas na década de 60 até os dias atuais onde são utilizados conceitos relacionados a indústria 4.0, Iot e Data Science, sendo assim um dos setores protagonistas responsável no país por aplicação de inovações tecnológicas.

O setor siderúrgico sendo então responsável por um mercado tão grande e diversificado deve se preocupar principalmente com seu produto final, a qualidade, o estado e se atende as especificações mínimas feitas pelo cliente, o trabalho de conclusão do curso presente vem assim apresentar o projeto que foi iniciado, modelado e desenvolvido para a linha de corte e reinspeção (LCR) de bobinas de aço dentro da gerência de estanhamento eletrolítico (GEE).

A Linha de Corte e Reinspeção (LCR) vinculada à Gerência Geral de Folhas Metálicas (GGFM) e GEE (Gerência de estanhamento eletrolítico) foi projetada no ano de 1976 pela Yaskawa, com o objetivo de atuar no Corte e Reinspeção de bobinas metálicas. A importância da linha está na redução de prejuízos causados pela produção de bobinas com imperfeições fora do padrão de qualidade aceito pelo cliente. Desde quando implantada essa linha não sofreu quaisquer modificações, sendo assim, acabou perdendo algumas de suas funcionalidades e, conforme o tempo foi passando, vários componentes, incluindo sua Master relay headlight (MRH), foram descontinuadas, tornando assim quaisquer problemas na mesma, algo que comprometesse todo o sistema. Atualmente, a seção de corte não está em operação sendo possível somente realizar a varredura da chapa metálica à procura de falhas. Baseado nesta verificação, executar o corte do trecho que apresenta defeitos para o bobinamento da sucata e da parte sem defeito.

O controle de tensão da chapa das bobinas produzidas pela linha é realizado de forma imprecisa por meio da experiência e sensibilidade do operador. Além disso, nem todas as informações importantes como a quantidade de bobina produzida, diâmetro da bobina e níveis analógicos dos motores principais estão disponíveis à operação, sendo assim os estudos, modelagem e desenvolvimento realizados objetivaram a garantia da continuidade operacional da linha evitando falha definitiva do circuito integrador instalado atualmente e a segurança dos colaboradores que atuam diretamente na operação e manutenção da LCR.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo desse trabalho é relatar todo o trabalho desenvolvido para implantação de uma melhoria dentro de umas das linhas da CSN, um trabalho

realizado entre GTA e GEE para a reativação e modernização da linha de corte e reinspeção.

### **1.3 Local da realização**

A seguir, as instituições responsáveis pelo desenvolvimento do trabalho são apresentadas.

#### **1.3.1 Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)**

Um dos mais eficientes complexos siderúrgicos integrados do mundo, a CSN atua com destaque em cinco setores: siderurgia, mineração, logística, cimento e energia. Atualmente, entre seus ativos, a empresa conta com uma usina siderúrgica integrada; cinco unidades industriais, sendo duas delas no exterior; minas de minério de ferro, calcário, dolomita e estanho; uma forte distribuidora de aços planos; terminais portuários; participações em ferrovias; e participação em duas usinas hidrelétricas. Com uma gestão firme e inovadora, a empresa acredita na força empreendedora do capital nacional e no enorme potencial brasileiro de competitividade no setor siderúrgico.

Multinacional com orgulho de ser brasileira, a empresa acredita e investe no país. Com a força do trabalho de seus mais de 20 mil colaboradores, enfrenta com sucesso os desafios da economia globalizada. Fundada em abril de 1941 e atualmente contando com mais de 20 mil colaboradores a CSN foi a primeira produtora integrada de aço plano no Brasil. Seu aço viabilizou a implantação das primeiras indústrias nacionais, núcleo do atual parque fabril brasileiro. Privatizada em 1993, a Companhia vem, desde então, modernizando-se e diversificando sua atuação. A empresa tem uma gestão focada no desenvolvimento de suas equipes e na convivência harmônica com as comunidades nas cidades onde opera, no Brasil e no exterior.

O grupo está presente em 18 Estados brasileiros e também atua em dois outros países - Alemanha e Portugal. Suas ações estão listadas nas Bolsas de Valores de São Paulo (BM&FBovespa) e de Nova York (NYSE) (CSN, 2018).



### **1.3.2 Universidade Federal de Lavras**

Fundada para ser a nova Escola Agrícola de Lavras, no sul de Minas Gerais, foi em 1908 por meio do Dr. Samuel Rhea Gammon que se deu início a história da Universidade Federal de Lavras. Posteriormente, com maior visibilidade e abrangência tornou-se Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL - 1938). Por se tornar referência na região e acolher alunos de várias partes do estado, nas décadas seguintes optou-se pela federalização da ESAL (1963) e pela consecutiva transformação da Escola Superior em Universidade (1993), tomando o nome de Universidade Federal de Lavras (UFLA). Agora, a instituição que inicialmente era voltada apenas a área agrária, começava a expandir-se e tomar proporções estaduais. Com a chegada do novo milênio, a universidade recebeu grande investimento e utilizou seus recursos para abrir diversos novos cursos em diferentes áreas do conhecimento. Hoje, conta com dezenas de cursos para graduação englobando todas as áreas do conhecimento (exatas, humanas e biológicas), além de cursos de pós-graduação, mestrado e doutorado. Toda excelência pedagógica alinhada a aplicação de práticas sustentáveis na universidade, é responsável por coloca-la dentre as melhores instituições de ensino do país, além de reconhecimento internacional. O curso de Engenharia de Controle e Automação, também conhecido como Engenharia Mecatrônica, é um ramo da engenharia responsável pela concepção e execução de projetos na área industrial. É uma vertente da engenharia que pode ser considerada recente, oriunda de ramificações e fusão de cursos mais antigos como as Engenharias Mecânica e Elétrica, além de conceitos de Ciência da Computação. Na UFLA, teve início no ano de 2009 e hoje forma profissionais atuantes nas mais diversas áreas da indústria nacional. (UFLA, 2019)

## **1.4 Estrutura do trabalho**

O trabalho está estruturado em 5 capítulos principais, conforme se segue:

- Capítulo 1 - Introdução: são apresentados os objetivos e as motivações do trabalho, além das instituições participantes.

- Capítulo 2 - Fundamentação Teórica: é apresentado o referencial teórico necessário para o entendimento do trabalho.
- Capítulo 3 - Materiais e Métodos: são apresentados todos os tipos de materiais envolvidos na realização do estudo, como os métodos empregados para a obtenção dos resultados, além das ferramentas computacionais utilizadas.
- Capítulo 4 - Resultados e Discussão: é apresentado o resultado obtido com o projeto e uma discussão a respeito do mesmo.
- Capítulo 5 - Conclusão: é apresentada a verificação se os objetivos propostos foram alcançados e são sugeridas possíveis oportunidades de continuidade ao trabalho.

## **2. Referencial teórico**

Neste capítulo abordaremos alguns dos conceitos que tiveram de ser assimilados para o desenvolvimento do presente trabalho; nos setores industriais, incluindo os de grande escala como é o caso em questão, a automação se faz extremamente presente e necessária para que a produção tenha qualidade e efetividade, tornar um processo automatizado ajuda a reduzir os custos, aumentar a produção e traz mais segurança aos envolvidos, além de possibilitar uma manutenção de maior facilidade e uma análise de desempenho para monitoração ou possíveis melhorias maiores. Na indústria, tudo isso tem peso maior ainda, afinal, o número de processos e atividades operacionais é enorme, sendo assim, conhecimentos como gestão de projetos, noções de dimensionamento de hardware e software envolvendo CLP's e IHM's, acionamento de motores, sensores, arquitetura de redes e elaboração de diagramas elétricos tiveram que ser desenvolvidos para que então o projeto fosse desenvolvido.

### **2.1 Sobre a linha**

A linha trabalhada LCR possuía uma composição original que com o tempo se perdeu devido a falta de manutenção e baixa prioridade para manter essa linha em seus devidos moldes originais, inicialmente a linha era composta por 3 distintas seções que se completavam afim de atingir o resultado final, sendo assim eram elas: seção de entrada onde a bobina era desenrolada, passava pelo scanner para analisar o material e identificar alguma possível falha na produção a encaminhando então para algum dos dois caminhos possíveis, a enroladeira principal ou a enroladeira de sucata, após essa seção de entrada a bobina seguia para seção de reinspeção onde o erro de fabricação identificado em primeiro momento era então confirmado e então era definido o local onde seria realizado o corte da bobina para descarte e o ponto onde a bobina seria soldada para garantir sua qualidade, após esse processo seguíamos então para a última seção que fazia parte da linha, a seção de corte, onde era realizado efetivamente o corte da bobina, disponibilizando a parte defeituosa para

enroladeira de sucata e a parte de acordo com os padrões definido para enroladeira principal, essa era composição original da linha, abaixo temos um diagrama esquemático da linha.

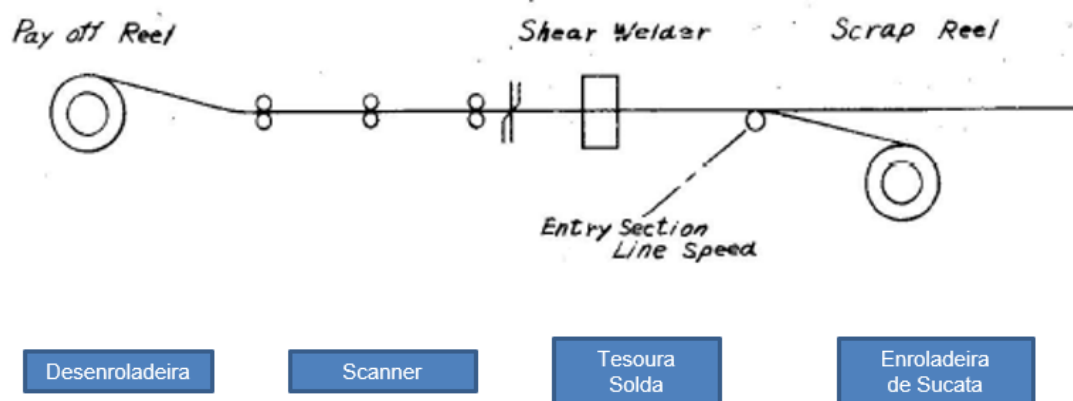


Figura 1 – Esquemático da linha LCR

Nos dias atuais a composição atual da linha compreende apenas a seção de entrada composta pela desenroladeira, scanner, enroladeira de sucata, oleadeira e enroladeira principal. Conforme o passar do tempo, componentes importantes foram descontinuados e as duas seções que se seguiam completando a linha foram paradas, sendo feita hoje apenas a varredura da chapa metálica à procura de falhas, baseado nessa verificação o corte é feito do trecho que apresenta defeitos para o bobinamento da sucata e da parte sem defeito para a enroladeira principal. Além disso, nem todas as informações relevantes como a metragem de bobina produzida, diâmetro e níveis analógicos dos equipamentos estão disponíveis à operação.

### 2.1.1 MRH

A MRH é o componente mais importante e vital dessa linha e um dos objetivos principais do trabalho é realizar a substituição desse componente, ela é responsável por toda a continuidade e movimento que desempenha o processo, JOG, TANDEM JOG, aceleração, parada de emergência, HOLD, todos esses comando são de responsabilidade da MRH, existindo a possibilidade de falha definitiva do circuito e dos cartões antigos além da inexistência de sobressalentes. Uma tecnologia aplicada desde 1976 e seus componentes não são mais fabricados da forma como devem ser aplicados neste sistema.

Além disso, como não possuímos mais 2 das 3 seções originais que realizavam todo o processo, o estiramento da bobina hoje é realizado pela MRH, feito pelo operador manualmente, por sensibilidade visual utilizando os comandos JOG e TANDEM JOG. Então a principal estratégia para melhoramento foi a modernização da master composta por aproximadamente 64 pontos de I/O, ou seja, realizar a digitalização destes comandos que eram realizados por intertravamento a relés e cartões analógicos obsoletos, além do controle de geração de referências dos drives da enroladeira e desenroladeira, aliado a isso um sistema de supervisão (IHM).

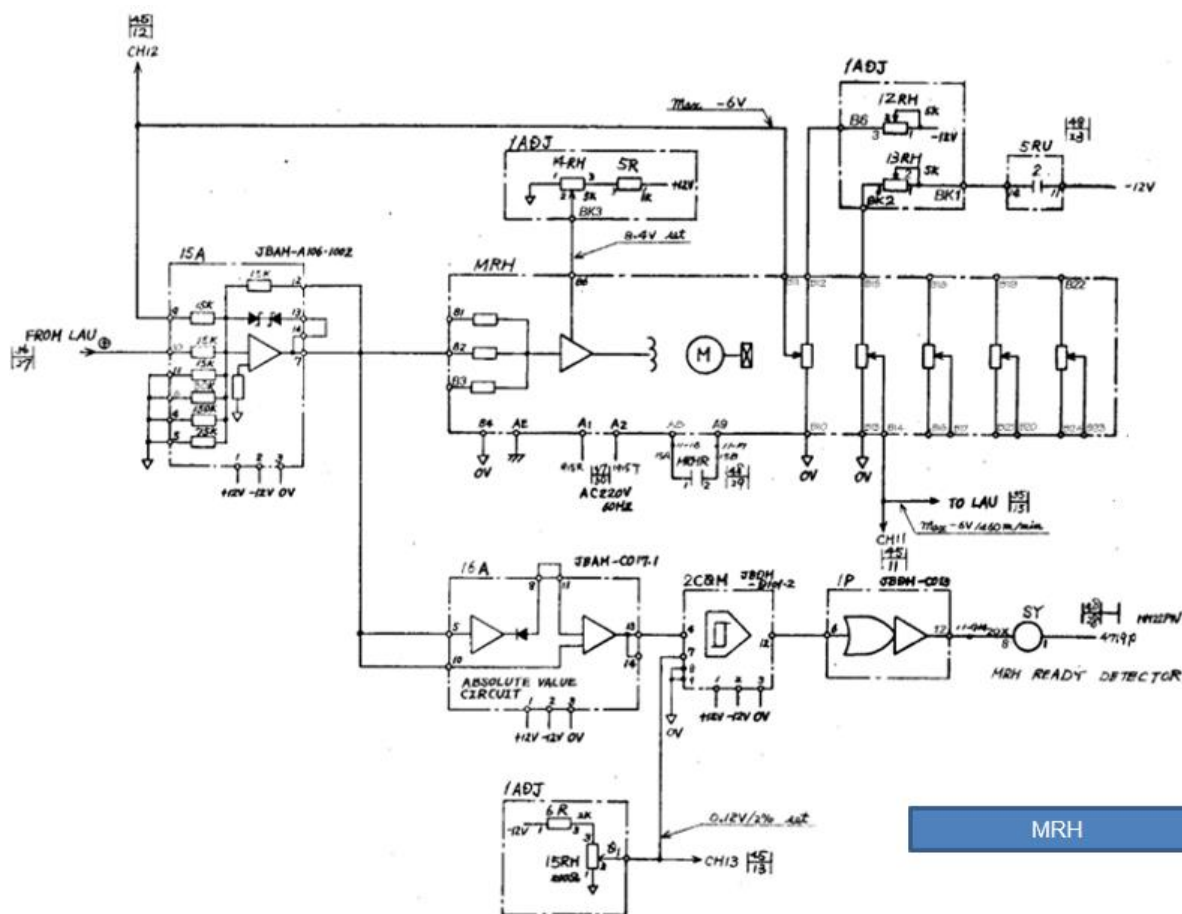


Figura 2 – Circuito elétrico da MRH

## 2.2 Análise GUT

Como o procedimento padrão de qualquer projeto ou melhoria realizado dentro da Usina Presidente Vargas, foi realizada uma análise GUT antes do desenvolvimento.

- Gravidade - Redução de custos de retrabalho do material como sucata ou perda de faturamento por venda em qualidade inferior.
- Importância - Sistema obsoleto e descontinuado pelo fabricante, além de não haver manutenção especializada.
- Tendência - Parada na produção da Linha de Corte e Reinspeção.

## 2.3 CLP

Globalização versus Tecnologia, Industrialização versus Produção em grande escala; estes são os fatores que levaram a necessidade de desenvolver um

dispositivo que substituísse os painéis de controle a reles e que fosse possível alterar uma produção sem ter que refazer toda a lógica dos reles, e contadores. Assim sendo, foi desenvolvido um sistema que desenvolvesse tais funções, e que desde então ganha mais funções e aplicações, e que hoje é conhecido como controlador lógico programável (CLP). O CLP surgiu na década de 60, e ainda existem muitas empresas do ramo da indústria que envolve a automação, que possuem poucas experiências com eles. A grande vantagem desse dispositivo está na possibilidade de reprogramação, sem necessidade de realizar modificações de hardware.

“O primeiro dispositivo a atender as especificações foi desenvolvido pela Gould Modicon em 1969” (GEORGINI, 2002). No início foram chamados de *Programmable Controllers*, e logo após passaram a se chamar *Programmable Logic Controller* (PLCs). Possuíam uma boa flexibilidade sendo que em “uma eventual necessidade de alteração na lógica de controle da máquina era realizada em pouco tempo, apenas com mudanças no programa, sem necessidade de alteração nas ligações elétricas” (GEORGINI, 2002).

### **2.3.1 Constituição de um CLP**

Segundo Fialho (2004), um CLP é constituído por: Entradas e Saídas: Onde serão recebidos e enviados os dados; Unidade Central de Processamento (CPU): onde as informações são processadas; Memória: a qual armazenara o programa e os dados; uma fonte de alimentação; Abaixo a figura 3 ilustrando sua constituição.

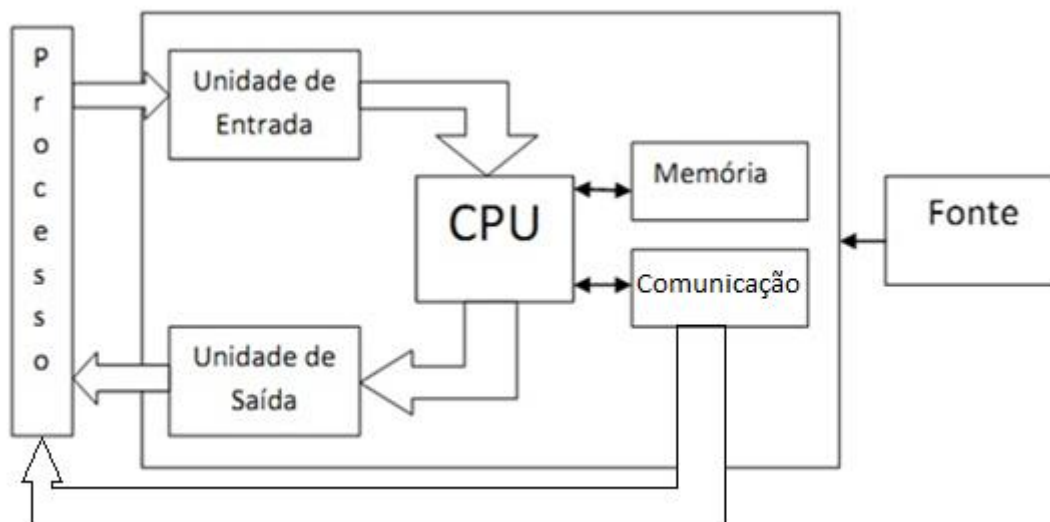


Figura 3 – Composição de um CLP

### 2.3.2 Entradas e Saídas

São os elementos responsáveis por receberem e transmitirem um sinal, sendo ele tanto analógico quanto digital. As entradas contêm itens tais como, botões, chaves limites e na grande maioria sensores. Tais sensores podem emitir sinal digital, o qual possui obviamente dois estados, ligado ou desligado, assim como um sinal analógico, que possui múltiplos estados (FIALHO, 2004). As saídas são dispositivos como solenoides, relés, contadores, partida de motores e etc, que estão conectados a saída do CLP. Analogamente a entrada, a saída possui dois tipos; Digitais e analógicas, as quais repassaram o sinal do CLP para o atuador desejado (FIALHO, 2004).

### 2.3.3 CPU

É a responsável pela execução e armazenamento do programa aplicativo. Esta recebe os dados através da entrada, realiza as operações lógicas seguindo o programa implementado e atualiza as saídas. Possui um processador, memória de programa, memória de dados, relógio de tempo real, timer e uma fonte de alimentação. A CPU funciona exatamente como um computador manipulando



os dígitos binários, sendo 1 para energizado e 0 para desenergizado (FIALHO, 2004).

### 2.3.4 Ciclo de processamento

Pode-se subdividir a configuração do CLP em variáveis de entrada que são os sinais externos recebidos do processo; as variáveis de saída onde o mesmo coordena o processo através dos pontos de saída e o programa que nada mais é que a execução de ações de controle oriundas de processos lógicos, ativados pela varredura das entradas e memórias internas (SILVEIRA e SANTOS, 2009). Composto pela Central Processing Unit (CPU) definida por (SILVEIRA e SANTOS, 2009, p. 84) como: “a unidade central de processamento, pode ser encarada como o “cérebro” que controla todas as ações de um PLC e é constituída por um processador, memórias e um sistema de interligação (barramento)”.



Figura 4 – Ciclo de processamento do CLP

### 2.3.5 Linguagens de programação

A linguagem de programação utilizada por CLP's é regida pela norma IEC 61131- 3, a qual possui 5 tipos de linguagens básicas de programação, onde duas são textuais e três são gráficas: Texto Estruturado; Lista de Instruções;

Diagrama de Blocos Funcionais; Diagrama Sequenciais; Diagrama Ladder (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

## **2.4 Interface Homem Máquina (IHM)**

A Interface Homem Máquina (IHM) é basicamente todo e qualquer sistema utilizado como sinalizador de eventos ou status de uma máquina. Ainda, segundo IHMs são sistemas supervisórios que surgiram da necessidade de uma interface amigável, eficiente e ergonômica entre sistemas de automação complexos e a equipe encarregada da sua operação. Portanto, devem ser construídas tendo os operadores como usuário final e representar o processo real. Dentre as possíveis funções que uma IHM pode realizar, as mais utilizadas são: Mostrar problemas ou mau funcionamento; Permitir o operador iniciar ou interromper o ciclo; Monitorar níveis; Gerar gráficos; Monitorar tempo de execução;(MARTINS, 2012).

Para Martins (2012), IHM's estão divididas em dois tipos, passivas ou ativas. Passivas são interfaces que não interferem no processo, somente sinaliza que tal ação está ocorrendo, são exemplo dessa categoria lâmpadas e buzinas. Ativas são interfaces que detém a capacidade, de além de monitorar, interferir no processo, possibilitando ao operador iniciar ou interromper tal ação.



Figura 5 - Exemplo de IHM

## 2.5 Arquitetura de Redes

A arquitetura dos sistemas de automação vem evoluindo da arquitetura local para centralizada, depois para distribuída nos controladores, depois para distribuída interconectada através da rede de comunicação e atualmente tem evoluído para a distribuída nos sensores e atuadores (ALVES, 2011).

### 2.5.1 Arquitetura Local

Com a revolução industrial, surgiu uma arquitetura de controle da produção conhecida como local. Nesta arquitetura cada operador decidia sobre sua próxima ação na máquina em função do estado do processo em que ele operava. Então, o controle encontrava-se localmente (ALVES, 2011).

### 2.5.2 Arquitetura Centralizada

Neste modelo de arquitetura, o controlador central controla toda a produção: lia os sensores, processava o programa de controle e enviava dados para os atuadores através de diversos fios em leitos ou por canaletas.

Com isto, o responsável visualizava todo o processo em um computador de grande porte. No entanto, isto era conseguido a um custo muito elevado: o computador de grande porte, a instalação dos meios de comunicação com as máquinas (muitos cabos), a programação dos controladores, computadores e a manutenção eram caros.

Além disso, se o computador ou controlador falhasse, toda a fábrica pararia. Para evitar isto, posteriormente foram agregados controladores e computadores para back-up (ALVES, 2011).

### **2.5.3 Arquitetura Distribuída nos Controladores**

Com o avanço da microeletrônica tornando viável o uso de microprocessadores, muitos técnicos e engenheiros visualizaram pequenos projetos que podiam ser implementados com esses microcontroladores e automatizavam algumas áreas específicas do processo (GONÇALVES, 2011).

### **2.5.4 Arquitetura Distribuída Interconectada por Rede de Comunicação entre Controladores**

Na arquitetura anterior havia difundido os controladores e expandiu a automação, mas ela ainda impedia a visualização global como se tinha na arquitetura centralizada. As diversas funções de controle, supervisão e gerenciamento dos negócios estavam estanques e tinham que ser realimentados manualmente ou através de diversos sistemas conversores de informação. E isto tudo tinha um custo alto.

No entanto, surgiu aos poucos o conceito de integração acoplado à evolução do sistema em rede que vem resolvendo esta situação.

Essa integração está possibilitando a distribuição das diferentes funções do sistema industrial de controle, supervisão e gerenciamento de negócios, mas de forma integrada (PEREIRA, 2010).

### 2.5.5 Arquitetura Distribuída nos Sensores e Atuadores

Com o aparecimento de uma rede de comunicação digital serial robusta que integrasse os dispositivos de campo (entrada e saída), IHMs e controladores, então chamada fieldbus ou barramento de campo, veio resolver estes problemas como:

- Numerosa fiação entre dispositivos de campo e controladores;
- Alto custo de projeto, dificuldade na instalação e manutenção desta grande quantidade de fiação nos dispositivos de campo;
- Transmissão de sinais analógicos de 4-20mA não precisos e sem diagnósticos dos dispositivos.

Como consequência do uso da inteligência provida para a execução dos protocolos digitais, foi possível a execução de auto diagnósticos, a distribuição do programa de controle nos dispositivos de campo.

A função da rede de campo é garantir a conectividade entre os diversos dispositivos atuantes diretamente no “chã de fábrica”, isto é o **nível 1**, sejam eles dispositivos de aquisição de dados, atuadores ou CLPs. As redes de campo são sistemas de comunicação industrial de que usam ampla variedade de meios físicos, como cabos de cobre, fibras ópticas ou sem fio, para acoplar os dispositivos de campo a um sistema de controle ou um sistema de gerenciamento. Para podermos contextualizar melhor segue abaixo a pirâmide de automação.

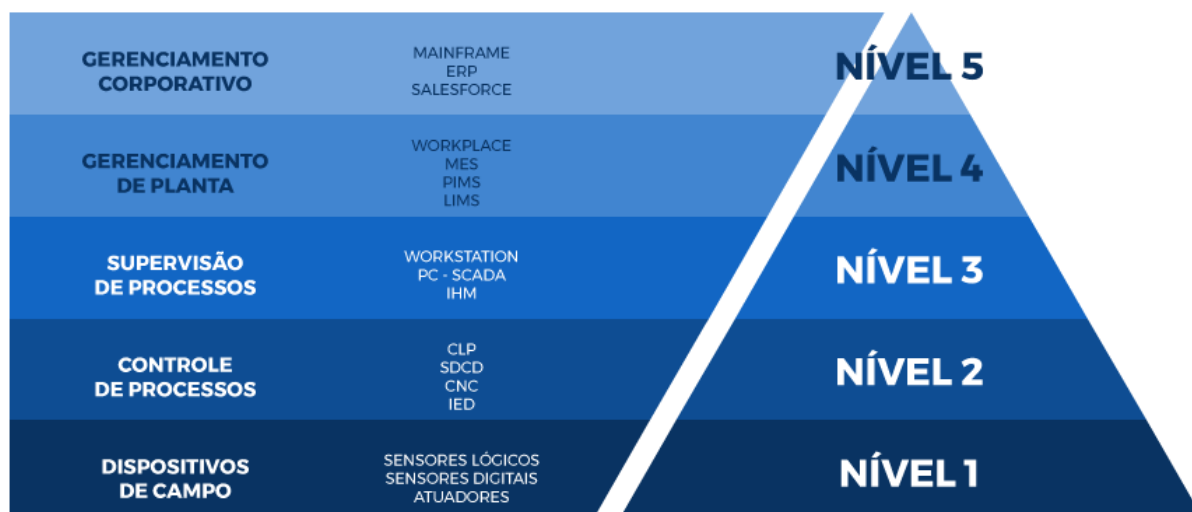


Figura 6 - Pirâmide de automação

Visando a minimização de custos e aumentar a operacionalidade de uma aplicação introduziu-se o conceito de rede industrial para interligar os vários equipamentos de uma aplicação. A opção pela implementação de sistemas de controle baseados em redes requer um estudo para determinar qual o tipo de rede que possui as maiores vantagens de implementação ao usuário final, que deve buscar uma plataforma de aplicação compatível com o maior número de equipamentos possíveis (PEREIRA, 2010).

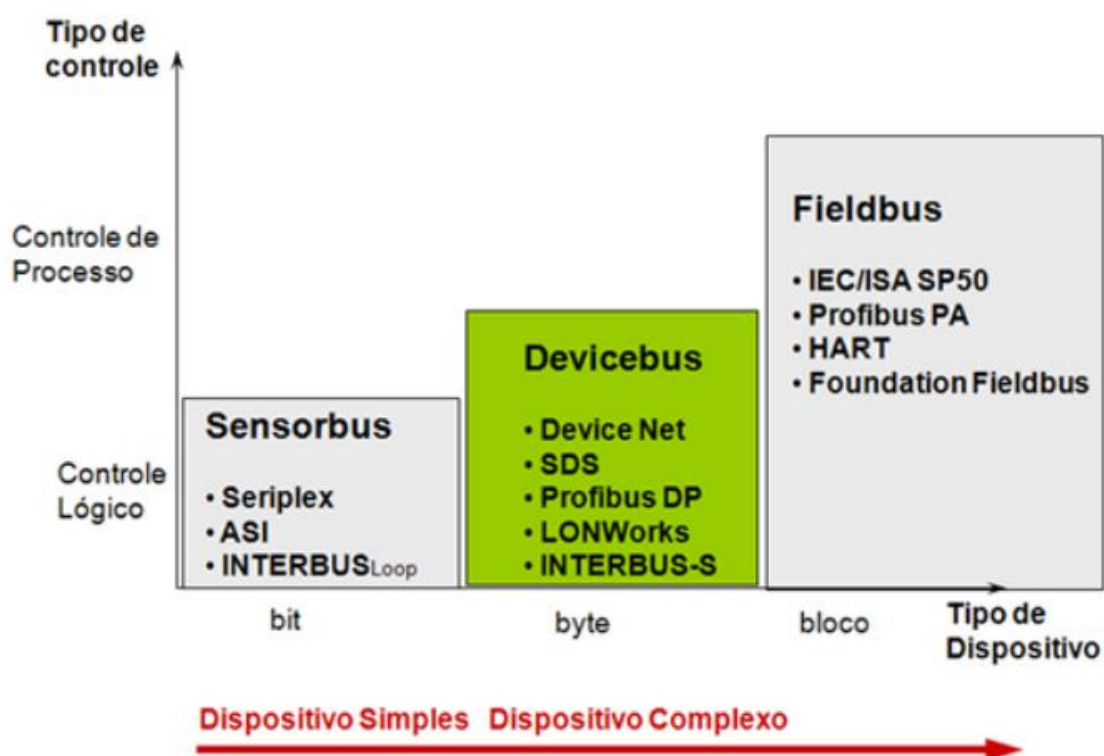


Figura 7 - Cenário das redes industriais

No caso do presente trabalho, devido a questões que envolvem compatibilidade, utilizamos para o tipo de controle do grupo fieldbus, o protocolo profibus e para comunicação entre CLP e estação de engenharia utilizamos uma comunicação com o protocolo Ethernet.

### 2.5.6 Profibus

A história do PROFIBUS começa na aventura de um projeto da associação apoiado por autoridades públicas, que iniciou em 1987 na Alemanha. Dentro do contexto desta aventura, 21 companhias e institutos uniram forças e criaram um projeto estratégico em fieldbus. O objetivo era a realização e estabilização de um barramento de campo bitserial, sendo o requisito básico a padronização da interface de dispositivo de campo. Por esta razão, os membros relevantes das companhias do ZVEI (Associação Central da Indústria Elétrica) concordaram em apoiar um conceito técnico mútuo para manufatura e automação de processos.

Um primeiro passo foi a especificação do protocolo de comunicações complexas PROFIBUS FMS (Especificação de Mensagens Fieldbus), que foi preparado para exigência de tarefas de comunicação.

Um passo mais adiante em 1993 foi a conclusão da especificação para uma variante mais simples e com comunicação mais rápida, o PROFIBUS-DP (Periferia Descentralizada). Este protocolo está disponível agora em três versões funcionais, o DP-V0, DP-V1 e DP-V2.

Baseado nestes dois protocolos de comunicação, acoplado com o desenvolvimento de numerosos perfis de aplicações orientadas e um número de dispositivos de crescimento rápido, o PROFIBUS começou seu avanço inicialmente na automação manufatura e desde 1995 na automação de processos com a introdução do PROFIBUS-PA. Hoje, o PROFIBUS é o barramento de campo líder no mercado mundial.

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, ao lado de mais sete outros fieldbuses. A IEC 61158 está dividida em sete partes, nomeadas 61158-1 a 61158-6, nas quais estão as especificações segundo o modelo OSI. Nessa versão houve a expansão que incluiu o DPV-2. Mundialmente, os usuários podem agora se referenciar a um padrão internacional de protocolo aberto, cujo desenvolvimento procurou e procura a redução de custos, flexibilidade,

confiabilidade, segurança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores.

Hoje, estima-se próximo de 30 milhões de nós instalados com tecnologia PROFIBUS e mais de 1000 plantas com tecnologia PROFIBUS-PA. São 24 organizações regionais (RPAs) e 35 Centros de Competência em PROFIBUS (PCCs), localizados estrategicamente em diversos países, de modo a oferecer suporte aos seus usuários, inclusive no Brasil, em parceria com a FIPAI na Escola de Engenharia de São Carlos-USP, existe o único PCC da América Latina.

No nível de célula, os controladores programáveis, como os CLPs e os PCs, comunicam-se entre si, requerendo, dessa maneira, que grandes pacotes de dados sejam transferidos em inúmeras e poderosas funções de comunicação. Além disso, a integração eficiente aos sistemas de comunicação corporativos existentes, tais como: Intranet, Internet e Ethernet são requisitos absolutamente obrigatórios. Essa necessidade é suprida pelos protocolos PROFIBUS FMS e PROFINet (CASSIOLATO, 2011).

### 2.5.7 Encoder

Encoder são dispositivos/sensores eletro-mecânicos cuja funcionalidade é transformar posição em sinal elétrico digital. Com a utilização de encoders é possível quantizar distâncias, controlar velocidades, medir ângulos, número de rotações, realizar posicionamentos, rotacionar braços robóticos e etc.

O encoder é composto basicamente por um disco com marcações, um componente emissor e um receptor. Os encoder ópticos utilizam led como o componente emissor e um sensor photodetector como o receptor.

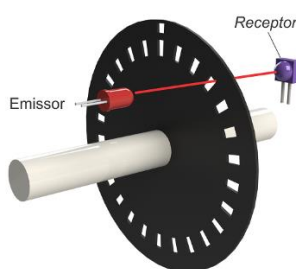


Figura 8 - Encoder Ilustrativo



As marcações no disco possuem a funcionalidade de bloqueio e desbloqueio do feixe de luz do led para o fotodetector, desse modo a medida que o disco vai girando o fotodetector juntamente com um circuito eletrônico repassa para as saídas do encoder um sinal em forma de uma onda quadrada, proporcional ao número de marcações do encoder, de acordo com a resolução do mesmo. Logo, a resolução do encoder é o número de marcações presentes no disco do dispositivo, que equivale a quantidade de ondas quadradas, ou clock, gerado em uma volta do encoder (ALMEIDA, 2018).

Possuímos dois tipos de encoder: o absoluto e o incremental, foi utilizado o segundo para o projeto, o qual corresponde a figura acima.

### **2.5.8 Diagramas elétricos**

A correta leitura e interpretação de diagramas é essencial para o entendimento de um projeto, pois o diagrama elétrico garante uma linguagem comum a qualquer profissional envolvido na área pois o desenho é uma representação visual universal. Existem atualmente 4 tipos distintos de diagramas elétricos:

- Diagrama funcional;
- Diagrama multifilar;
- Diagrama unifilar;
- Diagrama trifilar;

No trabalho presente foram utilizados os diagramas funcionais, multifilar e trifilar para a leitura, interpretação e escrita (MATTEDE, 2019).

#### **2.5.8.1 Diagrama Funcional**

O diagrama funcional é bastante usado por se referir a apenas uma parte da instalação elétrica, ele possui todos os condutores e componentes que serão

ligados em um circuito elétrico, permite interpretar com rapidez e clareza o funcionamento do mesmo (MATTEDE, 2019).

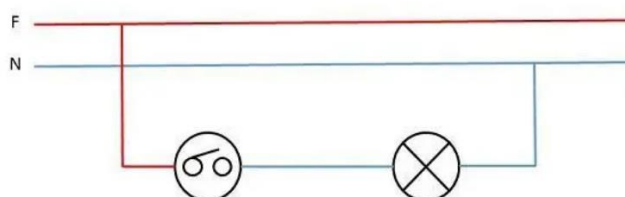


Figura 9 - Diagrama Funcional

### 2.5.8.2 Diagrama Unifilar

O diagrama unifilar é o mais usado pelos eletricitistas instaladores nas obras. Ele é desenhado sobre a planta baixa (planta arquitetônica) e apresenta os dispositivos e trajeto dos condutores rigidamente em suas posições físicas apesar de ser em uma representação bidimensional (MATTEDE, 2019).

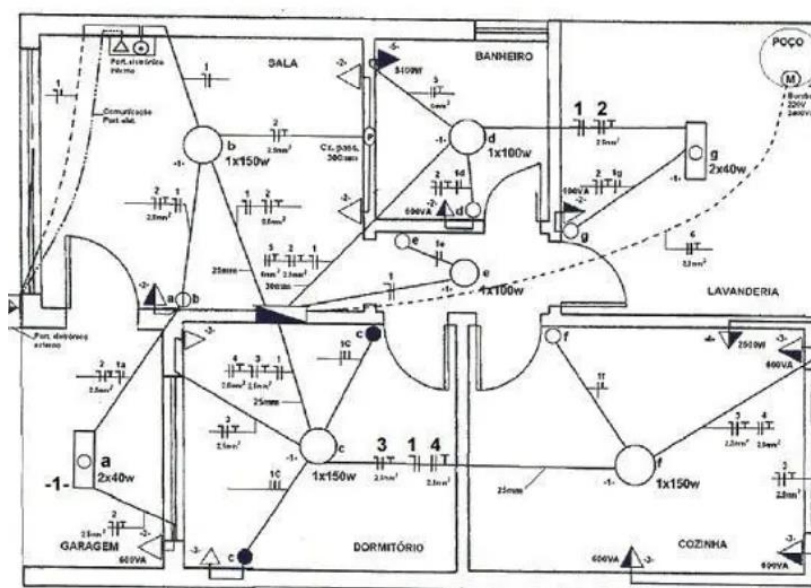


Figura 10 - Diagrama Unifilar

### 2.5.8.3 Diagrama Trifilar

Amplamente usado em sistemas de comandos elétricos e máquinas trifásicas o diagrama trifilar representa cada uma das três fases de um sistema elétrico e suas respectivas derivações, tendo características muito parecidas com o diagrama unifilar (MATTEDE, 2019).

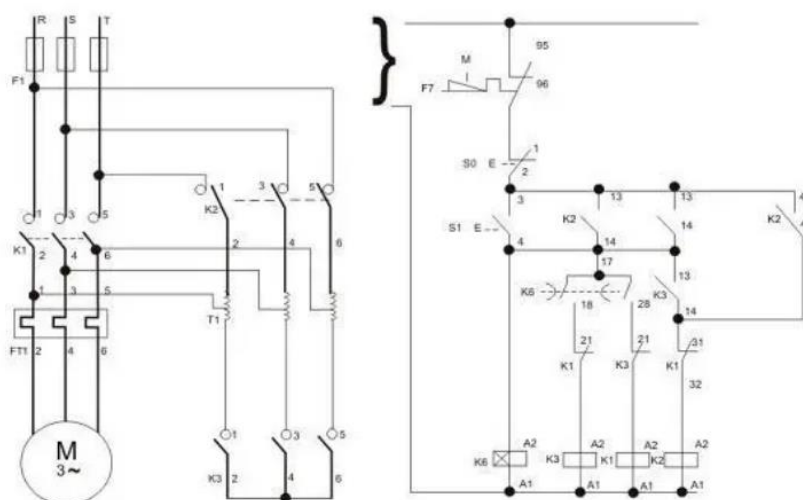


Figura 11 - Diagrama trifilar

### 2.5.9 Motor CC

Como trabalhamos para solucionar os problemas Advindos da MRH principalmente no que se tratava sobre o tensionamento nas bobinas, ou seja, um dos grande objetivos da melhoria era possibilitar esse tensionamento de forma automatizada, precisa e segura, foram realizados alguns cálculos de acordo com as especificações dos motores da enroladeira e desenroladeira a fim de definir parâmetros para que pudéssemos inserir esses dados dentro da programação do CLP. Sendo assim um estudo prévio teve de ser realizado para que fosse definido os parâmetros necessários para o desenvolvimento.

Um motor cc nada mais é do que um motor alimentado por corrente contínua (CC), sendo esta alimentação proveniente de uma bateria ou qualquer outra de alimentação CC. A sua comutação (troca de energia entre rotor e estator) pode ser através de escovas (escovado) ou sem escovas (brushless) e com relação a velocidade, o motor cc pode ser controlado apenas variando a sua tensão, diferentemente de um motor elétrico de corrente alternada (CA) cuja a velocidade é variada pela frequência.

Segue as fórmulas usadas para a definição de valores.

$$I_a = \frac{V_t}{R_a}$$

Corrente de armadura

Onde  $Ia$  = corrente de armadura.

$Ra$  = resistência da armadura.

$Vt$  = tensão total.

$$M = \frac{9550P}{rpm}$$

Momento Máximo do motor

Onde  $M$  = momento.

$P$  = potência.

$rpm$  = rotações por minuto.

$$Preq = \frac{FV}{6122}$$

Potência requerida

Onde  $Preq$  = potência requerida.

$F$  = força.

$V$  = velocidade em metros por minuto.

$$Fn = \frac{2MI}{D9,81}$$

Tensão máxima do motor

Onde  $Fn$  = tensão máxima do motor.

$M$  = Momento máximo do motor.

$D$  = Diâmetro do rolo.

$$fn = \frac{Fnatural}{A}$$

Tensão na tira (stress)

Onde  $fn$  = tensão na tira.

$A$  = área da tira.

$Fnatural$  = tensão máxima do motor atualmente

### 3. Materiais e Métodos

Este capítulo apresenta todas as ferramentas e materiais utilizados durante a elaboração do projeto, com o objetivo de informação e familiarização dos conceitos e técnicas utilizados. Serão apresentados também, os métodos necessários para desenvolvimento e implantação e os passos realizados do início a entrega do projeto.

Como foi abordado até aqui o projeto envolve distintos pilares de conhecimento da engenharia de controle e automação os quais foram usados de maneira conjunta para que o objetivo e implantação do trabalho fosse concluído.

A metodologia empregada no desenvolvimento do projeto compreende as seguintes etapas principais:

- Obtenção de informações da área, análise de desenhos, levantamento de campo (I/O) e definição de escopo.
- Apresentação de proposta de melhoria, Cronograma, Lista de materiais e Orçamento.
- Análise e topologia de rede.
- Confecção de Desenhos elétricos, Projeto de Painel Elétrico.
- Programação de lógica para CLP, Desenvolvimento de sistema supervisorio (IHM). (GEE)
- Implementação e Startup. (Em execução)
- As Buit e Treinamento. (Em execução)

Cada etapa envolveu processos e materiais distintos, estarei citando os materiais utilizados por cada etapa descrita a seguir.

#### 3.1 Obtenção de informações da área, análise de desenhos, levantamento de campo (I/O) e definição de escopo

Em primeiro momento realizamos reuniões entre a GTA e GEE para debater melhores estratégias a fim de encontrar uma solução viável para o problema em questão, de maneira que o método aplicado fosse de manutenção intuitiva e possível, ou seja, com materiais que possuíssem atualmente sobressalentes por precaução, estabelecesse e consolidasse o principal fator

preocupante da área que se trata da segurança dos colaboradores envolvidos naquele meio, tivesse um custo acessível, pois visto que se trata de uma linha de reinspeção como já foi dito, é uma linha de gasto, de verificação, sendo assim, tínhamos recursos ligeiramente limitados se comparado a implantação de outros projetos dentro da usina como um todo.

Com as informações obtidas da área foram mapeados todos os pontos de I/O, chegando a um número de 60 com o levantamento feito, os desenhos foram analisados e então elaborado o escopo e cronograma do projeto.

Tabela 1 – Lista de I/O

ITEM	TAG	PAGINA DESENHO	CABO	EQUIPAMENTO ACIONADO	E/S
1	RUN	DY32188-023	21E	SELEÇÃO MODO RUN	ED
2	CJOG	DY32188-023	10B	SELEÇÃO MODO JOG	ED
3	CTJX	DY32188-023	19A	CONVEYOR TANDEM JOG	ED
4	HSTX	DY32188-024	18B	EMERGENCY STOP	ED
5	HLD	DY32188-024	27C	LINE HOLD	ED
6	TH	DY32188-024	24D	THREAD SPEED REFERENCE	ED
7	STP	DY32188-025	25D	STOP	ED
8	SRP2	DY32188-026	11A	SCRAP REEL SELECTION	ED
9	PRMX	DY32188-026	27B	PRIME REEL SELECTION	ED
10	TJ ALL	DY32188-028	6A	TANDEM JOG ALL LINE	ED
11	TJ ENTRY	DY32188-028	7A	TANDEM JOG ENTRY	ED
12	LLS	DY32188-036	26X	SPEED REF ZERO DETECTOR	SD
13	6RU(1)	DY32188-049	3A	LINE SPEED	ED
14	6RU(1)	DY32188-049	3A	STRETCHER LEVELER	SA
15	6RU(1)	DY32188-049	3A	OILING MACHINE	SA
16	6RU(2)	DY32188-049	5A	PRIME REEL	SA
17	7RU(1)	DY32188-049	7A	SCRAP REEL	SA
18	7RU(1)	DY32188-049	8A	PAY OFF REEL	SA
19	8RU(1)	DY32188-049	3A	PRIME REEL DV/DT	SA
20	9RU(1)	DY32188-049	3A	PAY OFF REEL DV/DT	SA
21	9RU(1)	DY32188-049	7A	PAY OFF REEL DV/DT	SA
22	MV POR	DY32188-056	5911X,Y,Z	MOTOR VOLTAGE PAY OFF REEL	EA
23	MC POR	DY32188-056	5916N,Y,Z	MOTOR CURRENT PAY OFF REEL	EA
24	DIAM POR	DY32188-056	-	LASER (DIÂMETRO) PAY OFF REEL	EA
25	TS POR	DY32188-056	19X, 19Y E 19Z	TENSION SET (PAY OFF REEL)	EA
26	IF REF POR	DY32188-056	5627X E 5627Y	REFERENCIA DE CORRENTE DE CAMPO DESENROLADEIRA	SA
27	IA REF POR	DY32188-056	5626X E 5626Y	REFERENCIA DE CORRENTE DE ARMADURA DESENROLADEIRA	SA
28	WS POR	DY32188-059	17	WINDER SPEED PG (PAY OFF REEL)	EA
29	TENSION_POR	DY32188-060	17E	TENSION ON CMD POR	ED
30	MX_POR	DY32188-060	9B	THYRISTOR ON CMD POR	ED
31	UNCOILING	DY32188-061	26A	UNCOILING SELECT OVER/UNDER	ED
32	RET_POR	DY32188-062	10A	RESET PAY OFF REEL	ED
33	MV SR	DY32188-065	7011X,Y,Z	MOTOR VOLTAGE SCRAP REEL	EA
34	MC SR	DY32188-065	7016N, 7011Y, 7016Z	MOTOR CURRENT SCRAP REEL	EA
35	PG SR	DY32188-065	6724X, 6724Y	TACO GERADOR SCRAP REEL	EA

36	IA REF SR	DY32188-065	6527X E 6527Y	THYRISTOR EXCITER DA SCRAP REEL / REF CORR ARMAD	SA
37	IF REF SR	DY32188-066	6627X	REFERÊNCIA DE CORRENTE DE CAMPO SCRAP REEL	SA
38	JOG_SR	DY32188-068	10A	JOG SCRAP REEL	ED
39	MX_SR	DY32188-071	9C	THYRISTOR ON CMD SCRAP REEL	ED
40	PG SL	DY32188-087	8818X, 8818Y, 8818Z	TACO GERADOR STRETCHER LEVELLER	EA
41	MC SL	DY32188-087	-	MOTOR CURRENT STRETCHER LEVELLER	EA
42	MY_SL	DY32188-089	13A	THYRISTOR ON CMD STRETCHER LEVELLER	ED
43	REF VEL SL	DY32188-087	3806X,Y	REF VELOCIDADE STRETCHER LEVELLER	SA
44	SPD	DY32188-089	28A	100 FPM & ABOVE	SD
45	VF OM	DY32188-104	10425X	VOLTAGE FEEDBACK OILING MACHINE	EA
46	REF VEL OM	DY32188-105	3806X,Y	REF VELOCIDADE OILING MACHINE	SA
47	MX_OM	DY32188-107	10C	THYRISTOR ON CMD OILING MACHINE	ED
48	MV PR	DY32188-110	11711X, Y,Z	MOTOR VOLTAGE PRIME REEL	EA
49	MC PR	DY32188-110	11716N, 11711Y, 11716Z	MOTOR CURRENT PRIME REEL	EA
50	DIAM PR	DY32188-110	-	LASER (DIÂMETRO) PRIME REEL	EA
51	TS PR	DY32188-110	3X,3Y,3Z	TENSION SET (PRIME REEL)	EA
52	RS	DY32188-110	11717X,Y	RECOILER SPEED (PG)	EA
53	IF REF PR	DY32188-110	11027X E 11027Y	REFERENCIA DE CORRENTE DE CAMPO PRIME REEL	SA
54	IA REF PR	DY32188-110	11027X E 11027Y	REFERENCIA DE CORRENTE DE ARMADURA PRIME REEL	SA
55	1RR	DY32188-115	10A	JOG RV PR	ED
56	2RR	DY32188-115	11A	JOG FW PR	ED
57	MX_PR	DY32188-118	9B	THYRISTOR ON PRIME REEL	ED
58	JF_POR	DY32188-119	9C	JOG FW POR	ED
59	JR_POR	DY32188-119	11B	JOG RV POR	ED
60	RET_PR	DY32188-121	11A	RESET PRIME REEL	ED

Fonte: Do autor (2019)

Para o levantamento de campo utilizamos os desenhos que representavam os diagramas elétricos antigos da linha, identificando cada uma das entradas e saídas em seus respectivos painéis elétricos e assim as dimensionando. O software utilizado para organização dessa lista foi o EXCEL.

Com esses dados alinhados, podemos especificar melhor o escopo do projeto, definindo uma estratégia.



### 3.2 Apresentação de proposta de melhoria, Cronograma, Lista de materiais e Orçamento.

A proposta de melhoria foi definida e a tecnologia empregada foi SIEMENS devido a compatibilidade com o campo, os CLPs foram definidos para a substituição da MRH, definindo-se um CLP principal o qual ficaria localizado na sala elétrica, no caso a estação de engenharia e 2 remotas as quais uma ficaria localizada na estação de engenharia e outra localizada na estação de operação da linha, segue abaixo os CLPs devidamente especificados pela ferramenta [TIA selection tool](#) disponível online.

S7-400

6ES7400-1JA01-0AA0	UR2, central controller/expansion device; 9 slots, K bus	1	1 Piece	1
6ES7407-0KA02-0AA0	Power supply PS407 10A; 120/230V AC -> 5V/24V DC	1	1 Piece	1
6ES7412-2XK07-0AB0	CPU 412-2; 2x256KB RAM; 1 MPI/DP, 1 DP	1	1 Piece	1
6ES7952-1AK00-0AA0	RAM memory card, long; 1 MB	1	1 Piece	1
6GK7443-1GX30-0XE0	CP 443-1 Advanced, Communication Processor, S7-400	1	1 Piece	1

Figura 12 – Especificação CLP principal

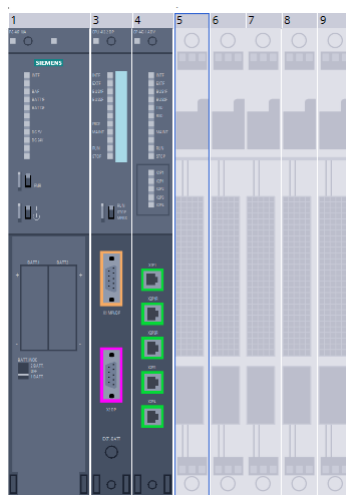


Figura 13 - CLP principal

#### Composição

- Fonte PS407 10A
- CPU 412-2
- CP443-1 Advanced

ET 200M - 2

6ES7153-1AA03-0XB0	IM 153-1 for ET 200M, PROFIBUS DP	1	1 Piece	1
6ES7307-1BA01-0AA0	Load current supply PS 307; AC 120/230V, DC 24V, 2A	1	1 Piece	1
6ES7321-1BL00-0AA0	Digital input 32DI, 24V DC; isolated	1	1 Piece	1
6ES7331-7NF00-0AB0	Analog input 8AI; 16-bit; isolated	1	1 Piece	1
6ES7332-5HF00-0AB0	Analog output 8 AO; 11/12-bit; isolated	1	1 Piece	1
6ES7350-1AH03-0AE0	Counter module FM 350-1 (1 channel up to 500 kHz) with conf. package	1	1 Piece	1
6ES7390-1AE80-0AA0	DIN rail 480 mm	1	1 Piece	1
6ES7392-1BJ00-0AA0	Front connector, 20-pin, with spring-loaded terminals	1	1 Piece	1
6ES7392-1BM01-0AA0	Front connector, 40-pin, with spring-loaded terminals	3	3 Pieces	3
6ES7972-0BA12-0XA0	Bus connector RS485, with 90° cable outlet	1	1 Piece	1
6ES7972-0BB70-0XA0	DP connector	1	1 Piece	1
6XV1830-0EH10	PROFIBUS FC Standard Cable GP, sold by the meter	1	1 Meter	1

Figura 14 - Especificação remota 1



Figura 15 - Remota 1

### Composição

- Fonte PS307 2A
- IM 153-1 (ET-200M)
- Digital input 32DI
- Digital output 16RO
- Analog input 8AI
- Analog output 8AO

ET 200M - 1

6ES7153-1AA03-0XB0	IM 153-1 for ET 200M, PROFIBUS DP	1	1 Piece	1
6ES7307-1BA01-0AA0	Load current supply PS 307; AC 120/230V, DC 24V, 2A	1	1 Piece	1
6ES7321-1BL00-0AA0	Digital input 32DI, 24V DC; isolated	1	1 Piece	1
6ES7322-1HH01-0AA0	Digital output 16RO, 24-230V UC, relay	1	1 Piece	1
6ES7331-7NF00-0AB0	Analog input 8AI; 16-bit; isolated	2	2 Pieces	2
6ES7332-5HF00-0AB0	Analog output 8 AO; 11/12-bit; isolated	2	2 Pieces	2
6ES7350-1AH03-0AE0	Counter module FM 350-1 (1 channel up to 500 kHz) with conf. package	1	1 Piece	1
6ES7390-1AE80-0AA0	DIN rail 480 mm	1	1 Piece	1
6ES7392-1BJ00-0AA0	Front connector, 20-pin, with spring-loaded terminals	2	2 Pieces	2
6ES7392-1BM01-0AA0	Front connector, 40-pin, with spring-loaded terminals	5	5 Pieces	5
6ES7972-0BB52-0XA0	PROFIBUS FastConnect RS485 connector up to 12 MBd, cable outlet 90°, with PG socket (1 pc.)	1	1 Piece	1
6ES7972-0BB70-0XA0	DP connector	1	1 Piece	1
6XV1830-0EH10	PROFIBUS FC Standard Cable GP, sold by the meter	1	1 Meter	1

Figura 16 - Especificação remota 2



Figura 17 - Remota 2

Composição:

- Fonte PS307 2A
- IM 153-1 (ET-200M)
- Digital input 32DI
- Analog input 8AI
- Analog output 8 AO
- Counter module FM 350-1

Como podemos notar as remotas foram definidas com números de entradas e saídas digitais e entradas e saídas analógicas para atender de sobra essa demanda, tendo como CLP principal o SIEMENS da família S7-400 e as remotas S7-300, podemos notar um módulo contador na segunda remota a qual se encontra na estação de operação, isso se dá devido a necessidade do controle

de estiramento da bobina, o módulo contador aliado ao encoder nos informará o valor de RPM que aliado a lógica desenvolvida nos ajudará a manter tensão na tira dentro dos padrões adequados em termos de efetividade e segurança aos colaboradores.

Com a parte correspondente a substituição da MRH definida estabelecemos um cronograma definido em 6 partes: Análise do projeto, engenharia, suprimentos, execução, treinamento e encerramento.

E assim definimos a lista definitiva de materiais junto com seu orçamento a serem utilizados para realização, requisitando internamente por meio do sistema SAP e dividindo a compra em duas etapas principais, já com seu orçamento definido.

Tabela 2 – Valor total dos materiais requisitados

<b>Orçamento de Materiais</b>	
Material de montagem	<b>R\$ 9.308,31</b>
Material principal – 1ª etapa	<b>R\$ 36.975,02</b>
Material principal – 2ª etapa	<b>R\$ 36.838,68</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 83.122,01</b>

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 3 – Lista de materiais correspondentes a primeira etapa.

Códigos Materias Projeto Modernização Rampa Mestre LCR - 1ª Etapa				
Material	Quantidade	Valor SAP	Total	Lead Time (dias)
Fonte S7400 24VDC	1	R\$ 3.165,03	R\$ 3.165,03	87
Rack 9 Slot S7400	1	R\$ 2.072,46	R\$ 2.072,46	55
Fonte S7300 24VDC	1	R\$ 1.251,53	R\$ 1.251,53	61
Rack S7300	1	R\$ 559,19	R\$ 559,19	61
Cartão Com. Profibus S7300	1	R\$ 2.537,50	R\$ 2.537,50	51
Cartão Entrada Digital 32x	1	R\$ 2.577,38	R\$ 2.577,38	98
Cartão Saída Rele 16x	1	R\$ 2.901,40	R\$ 2.901,40	54
Cartão Entrada Analógica 8x	2	R\$ 2.795,44	R\$ 5.590,88	120
Cartão Saída Analógica 8x	2	R\$ 5.107,01	R\$ 10.214,02	120
Encoder (Rolo Medidor)	1	R\$ 4.241,83	R\$ 4.241,83	106
Cartão Encoder	1	R\$ 2.028,83	R\$ 2.028,83	68
Front Conector Cartão Entrada Digital 32x - 40 poles	8	R\$ 336,36	R\$ 2.690,88	54
Front Conector Cartão Saída Rele 16x - 20 poles	3	R\$ 161,02	R\$ 483,06	62

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 4 - Lista de materiais correspondentes a segunda etapa

Códigos Materias Projeto Modernização Rampa Mestre LCR - 2ª Etapa				
Material	Quantidade	Valor SAP	Total	Lead Time (dias)
Cartão Comunicação Ethernet	1	R\$ 15.739,97	R\$ 15.739,97	55
Fonte S7300 24VDC	1	R\$ 1.251,53	R\$ 1.251,53	61
Rack S7300	1	R\$ 559,19	R\$ 559,19	61
Cartão Com. Profibus S7300	1	R\$ 2.537,50	R\$ 2.537,50	120
Cartão Entrada Digital 32x	1	R\$ 2.577,38	R\$ 2.577,38	98
Cartão Entrada Analógica 8x	1	R\$ 2.795,44	R\$ 2.795,44	120
Cartão Saída Analógica 8x	1	R\$ 5.107,01	R\$ 5.107,01	120
Encoder (Rolo Medidor)	1	R\$ 4.241,83	R\$ 4.241,83	106
Cartão Encoder	1	R\$ 2.028,83	R\$ 2.028,83	68
			R\$ 36.838,68	

Fonte: Do autor (2018).

Com os valores, materiais e lead times definidos, finalizamos o cronograma de maneira mais detalhada, criando divisões dentro de cada uma das etapas definidas e já citadas anteriormente, segue o cronograma completo com as datas de início e finalização do projeto.

Tabela 5 – Cronograma completo

Item	O Que	Responsável	Prazo	
			Início	Fim
<b>1</b>	<b>ANÁLISE DE PROJETO</b>			
Disponibilização de Documentos	Obtenção de Lista de I/O, ranges, comentários e unidades de engenharia	GEE + GTA	07/02/2018	16/04/2018
	Obtenção de Leiaute de painéis e mesas de operação	GEE + GTA	08/02/2018	16/04/2018
	Obtenção de Diagramas e intertravamento	GEE + GTA	08/02/2018	30/04/2018
	Obtenção de Manual de drives	GEE + GTA	26/03/2018	12/04/2018
Levantamento de Dados	Análise de diagramas Elétricos	GTA	19/02/2018	23/05/2018
	Análise de Equipamentos de campo	GEE + GTA	12/03/2017	23/05/2018
	Consolidação da lista de I/O	GTA	25/04/2017	30/05/2018
	Análise de Estrutura de rede	GEE + GTA	01/03/2018	09/05/2018
<b>2</b>	<b>ENGENHARIA</b>			
Planejamento	Elaboração de Termo de Abertura de Projeto	GEE + GTA	02/04/2018	05/06/2018
	Elaboração de Cronograma detalhado	GTA	25/06/2018	25/07/2018
	Aprovação de Cronograma	GEE	26/06/2018	26/07/2018
Projeto de Hardware	Elaboração de Lista de I/O	GTA	19/03/2018	12/06/2018
	Elaboração de Arquitetura do sistema	GTA	05/03/2018	10/08/2018
	Aprovação de Arquitetura do sistema	GEE	13/08/2018	29/08/2018
Especificação de Hardware	Elaboração de especificação de Hardware	GTA	20/03/2018	12/06/2018
	Elaboração de lista de equipamentos	GTA	26/03/2018	19/07/2018
	Aprovação de especificação de hardware	GEE	23/07/2018	26/10/2018
Projeto de Painel Elétrico	Painel PLC e Remota 1	GTA	26/02/2018	12/03/2018
	Remota 2	GTA	28/02/2018	16/03/2018
	Diagrama de interligação	GTA	18/06/2018	17/10/2018
	De / Para	GTA	19/08/2018	27/11/2018
	Aprovação de Documentos	GEE	28/08/2018	28/09/2018

Leiaute	Elaboração leiaute dos sistemas	GTA	26/02/2018	26/03/2018
	Alteração dos desenhos atuais	GTA	29/10/2018	29/11/2018
	Aprovação de leiaute dos sistemas	GEE	03/12/2018	07/12/2018
Projeto de Software	Definição de padrão de lógica e telas gráficas	GTA + GEE	14/08/2018	19/11/2018
	Elaboração de diagrama lógico	GTA + GEE	27/10/2018	21/11/2018
	Definição de lista de alarmes	GTA	29/11/2018	19/12/2018
Telas gráficas	Configuração de leiaute de telas gráficas	GTA	02/07/2018	06/07/2018
	Aprovação de leiaute de telas gráficas	GEE	09/07/2018	13/07/2018
	Configuração de funções de IHM	GTA	02/07/2018	06/07/2018
<b>3</b>	<b>SUPRIMENTOS</b>			
Hardware	Aprovação e liberação de Orçamento	GEE	22/05/2018	26/09/2018
	Pesquisa de códigos existentes	GTA	07/05/2018	10/09/2018
	Requisição de Compra	GEE	25/06/2018	27/11/2018
	Aquisição e entrega de materiais	CSN	11/02/2019	23/05/2019
<b>4</b>	<b>EXECUÇÃO</b>			
Construção e Montagem	Lançamento de cabos de rede (sala elétrica - OS)	GEE	04/02/2019	04/04/2019
	Montagem do painel principal (mecânica)	GEE	07/06/2019	11/07/2019
	Infra-estrutura estação de Engenharia	GEE	18/06/2019	22/07/2019
	Montagem painel remota na OS	GEE	14/02/2019	18/03/2019
	Lançamento de cabos painel principal - painéis de relés	GEE	04/02/2019	09/04/2019
	IBA	GTA	25/02/2019	27/02/2019
	Infraestrutura de Rede	GTA+GEE	23/04/2019	27/05/2019
	Montagem do painel principal (eletrônica)	GEE	16/08/2019	20/08/2019
	Execução de testes internos	GTA+GEE	31/08/2019	31/08/2019
	Aprovação dos testes de equipamentos	GEE	01/09/2019	01/09/2019
	<b>Manutenção Preventiva</b>			
Manutenção Preventiva	Comissionamento	GTA+GEE	Junho (2 dias)	
	Startup	GTA+GEE	Junho (2 dias)	
	Operação assistida	GTA+GEE	(15 dias)	
<b>5</b>	<b>ENCERRAMENTO</b>			
Treinamento	Treinamento operação	GTA	15/06/2019	20/06/2019
	Treinamento manutenção	GTA	25/07/2019	30/07/2019

	As Built	GTA	19/08/2019	30/08/2019
	Aprovação As Built	GEE	29/11/2019	19/12/2019

Fonte: Do autor (2018).

Este é o cronograma completo envolvendo todo o projeto, obviamente com alterações no prazo devido a questões de logística ou burocracia envolvendo alguns setores dentro da empresa, meu período de estágio contemplou o tempo de fevereiro de 2018 até maio de 2019 e no momento do fim do programa de estágio já nos encontrávamos na fase de execução tendo assim, participado efetivamente de todas as etapas até a execução.

### 3.2.1 Análise e topologia de rede

Para a compatibilidade geral do projeto definimos o protocolo Profibus para a comunicação entre CIPs e a IHM disponível (SIMATIC HMI OP 270), a qual estava inutilizada na área e foi reaproveitada no projeto, eliminado alguns gastos e suprimindo a necessidade de valores de feedback para monitoração ao operador e mantenedores.



Figura 18 - Dispositivo HMI OP 270

E para a comunicação entre CLP principal e a estação de engenharia protocolo ethernet, o software utilizado para desenvolvimento dessa etapa e da etapa **3.1.4** foi o AutoCad.



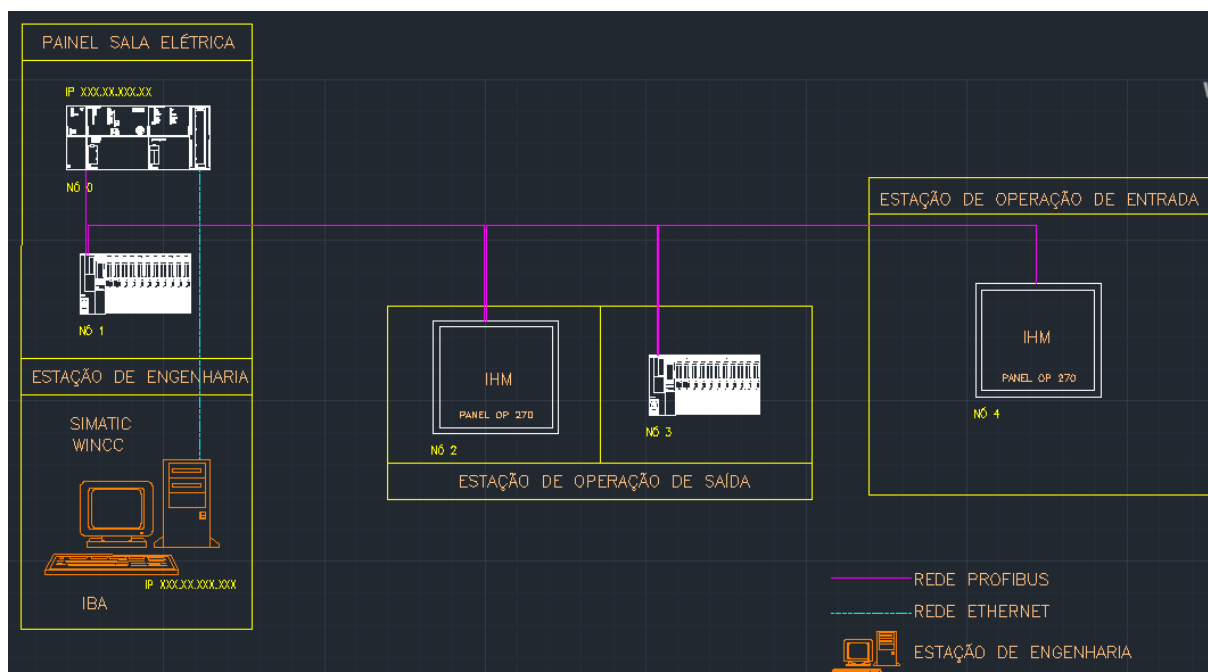
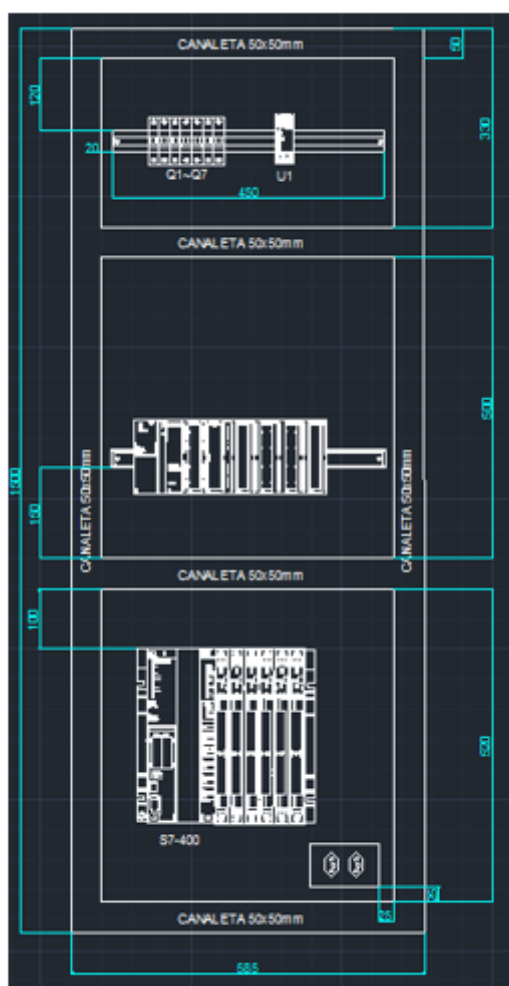


Figura 19 - Topologia de rede

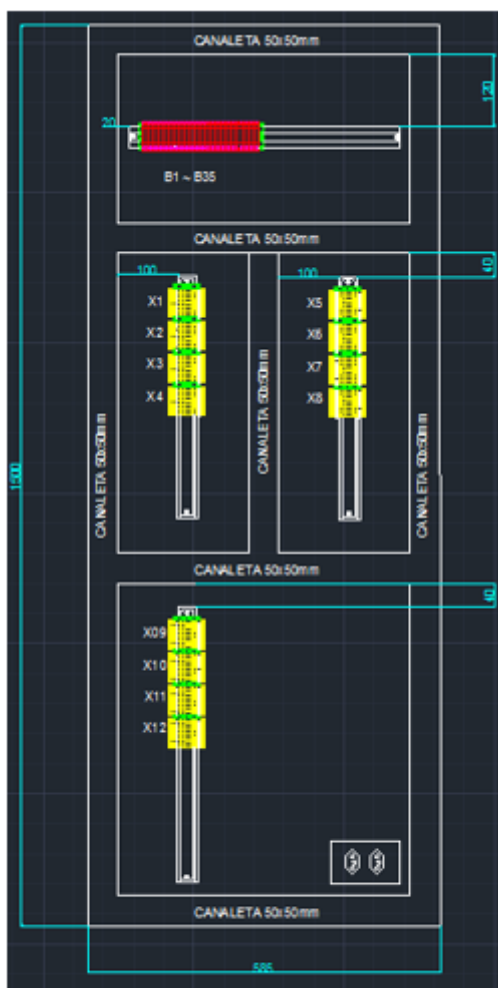
### 3.3 Confeção de Desenhos elétricos, Projeto de Painel Elétrico.

Com todos os dados disponíveis, materiais, orçamento, cronograma e topologia de rede, foram definidos os novos desenhos elétricos dentro dos padrões CSN para cada um dos módulos dos CLPs e dos novos painéis a serem implantados.



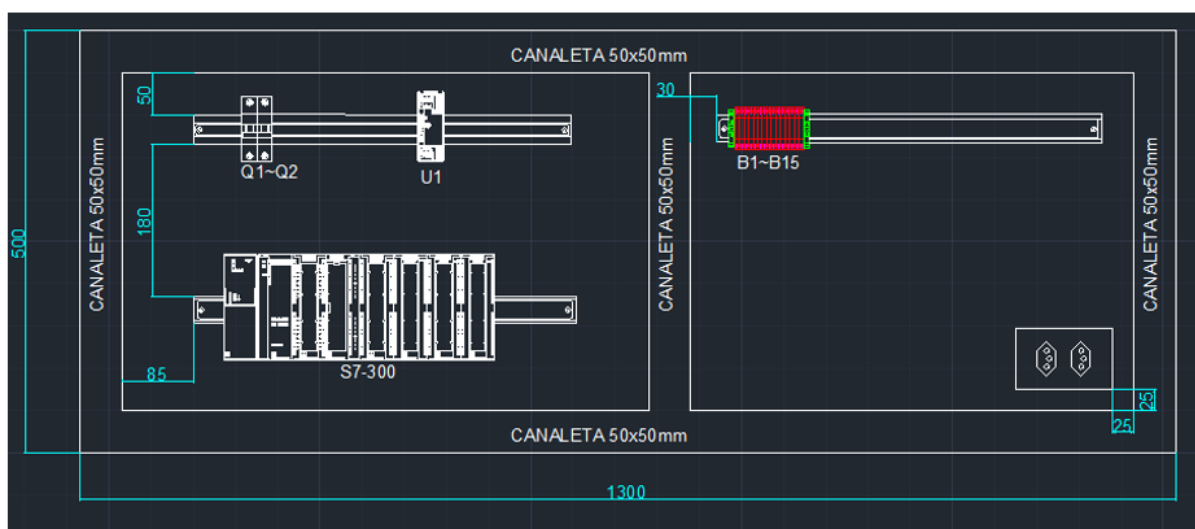
Painel Principal - Frontal

Figura 20 – Novo painel principal frontal



Painel Principal - Traseira

Figura 21 - Novo painel principal traseira



Painel Remota 2

Figura 12 - Novo painel remota

### 3.4 Programação de logica para CLP, desenvolvimento de sistema supervisorio (IHM)

Bem essa etapa do projeto ficou sob responsabilidade da própria área que requisitou a melhoria, a GTA especificou os CLPs necessários para aplicação e também a IHM a qual já possuíamos e foi reaproveitada para estar assim sendo utilizada na área, o desenvolvimento da lógica do CLP ficou a cargo do técnico de automação responsável e apenas separamos em blocos específicos para guiá-lo e realizamos o cálculo dos parâmetros necessários que seriam colocados na programação para que atendesse as necessidades. Toda a programação dos CLPs foi desenvolvida no software SIMATIC STEP 7, junto a essa etapa configuramos o computador que seria utilizado na estação de engenharia como software citado embutido, além do IBA para análise do comportamento da linha.

CÁLCULO DO TENSIONAMENTO DA TIRA E DIMENSIONAMENTO DE MOTORES DA LCR(ENROLADEIRA)			
	Hp	Kw	
Potência=	150,00	111,9	<b>CÁLCULOS NOMINAIS</b>
Iarm(Amperes) =	350,00	nominal	<b>MOMENTO MÁXIMO DO MOTOR</b>
Iatual(Amperes)=	458,73	atual	M=9550xP/RPMbase (Nm)
VoltArm(Volts)=	240,00	nominal	M= 2672 Nm
RPM min(base)=	400,00	nominal	<b>POTÊNCIA REQUERIDA</b>
RPM max=	1800,00	nominal	Preq=F(kg)xVel(mpm)/6122 (kw)
RPM (Vel_Nom)=	1781,68	base	Preq= 497,7 kw
RPM atual=	1781,68	atual	<b>TENSÃO NA TIRA(STRESS)</b>
VelocLinha(mpm)	460,00	nominal	fn=FNatual/Espessura*Largura
velocLinhaA(mpm)	460,00	atual	fn= 4 Kg/mm2
If min(amperes)=	2,00	nominal	<b>TENSÃO MÁXIMA DO MOTOR</b>
Ifatual=	3,50	atual	FN=2xMxi/(Dx9,81) (kg)
If max(amperes)=	12,27	nominal	FN= 6624 kg
RelaçãoCaixa(i)=	5,108	nominal	<b>CÁLCULO DA CORRENTE ARMADURA</b>
DiametroRolo(m)=	0,4200	nominal	Iatual=
Largura (mm)=	1020,00	atual	fnxEspessuraXLarguraXDiametrox9,81
Espessura(mm)=	0,61	atual	2xphiXi
			fn= 4,00 kg/mm2
			Iatual= 458,7 Ampères

Figura 23 - Cálculos necessários para o desenvolvimento da lógica de programação

### **3.5 Implementação e Startup / As Buit e Treinamento**

Essas etapas se encontram em execução no momento. Contemplam a instalação do projeto, a partida da linha e o treinamento a área. Etapa da qual não se encontra sobre responsabilidade do estagiário.

#### 4. Resultados e Discussão

Como pode notar com todo o procedimento adotado, o projeto conseguiu ser desenvolvido e se encontra em fase de implantação, obtivemos um resultado bastante satisfatório respeitando todo o cronograma e em um tempo relativamente curto, abaixo do tempo que as melhorias implantadas pela GTA dentro da CSN são realizadas, levam em média de 2 a 3 anos desde a solicitação a sua implantação, conseguimos desenvolver o projeto em menos de 2 anos, utilizando uma verba limitada e puramente com mão de obra interna, tendo o valor de R\$36,00 a hora trabalhada do engenheiro hoje no mercado de trabalho, devido a demanda de tempo do projeto realizando uma estimativa foram economizados foram economizados mais de R\$109.440 apenas com mão de obra, fora o reaproveitamento de materiais que já se encontravam dentro da usina e não necessitaram de compra, os prazos foram respeitados e o projeto se encontra em sua fase de execução, a primeira lista definida de materiais foi estimada em um valor de R\$ 185.355,75 e conseguimos por reduzi-la para um valor R\$ 83.122,01.

Tabela 6 – Comparativo de valores

<b>Orçamento de Materiais</b>	
Material de montagem	<b>R\$ 9.308,31</b>
Valor estimado	<b>R\$ 294.795,75</b>
Valor Total	<b>R\$ 83.122,01</b>
<b>Economia</b>	<b>R\$211.673,74</b>

Fonte: Do autor (2018).

Sendo assim, os resultados superaram as expectativas trazendo uma economia de R\$211.673,74 a empresa e implantando a melhoria necessária a linha.



Figura 24 - Painéis MRH antes da implantação

Esses eram os painéis correspondentes pela MRH antes da implantação dos novos painéis.



Figura 25 - Painel atual especificado e instalado

Sendo assim, o principal objetivo foi atingido quer era a substituição da MRH por produtos que se encontram no mercado, podem ter uma monitoração mais simples e a possibilidade de a linha parar não existe mais.



## 5. Conclusão

O estágio dentro da CSN foi uma experiência única, trabalhar dentro de uma empresa tão grande e com tantos profissionais capacitados e competentes me ajudou a desenvolver inúmeras características pessoais e profissionais, durante todo o desenvolvimento pude aplicar vários conhecimentos distintos que envolvem a engenharia de controle e automação e atingimos o objetivo principal que era a realização da melhoria da faixa de tempo estimada com a maior redução de custo possível, o trabalho presente tem como objetivo relatar em tópicos as etapas desenvolvidas do projeto do início ao fim, ou seja, até a parte que envolve a execução, além de trazer ao leitor um conhecimento sobre a linha trabalhada, seus problemas e o que foi feito para minimizá-los.

Pude com esse trabalho aplicar a engenharia na prática, com recursos limitados, conhecimento em desenvolvimento, a busca por estratégias que me atendessem se fez necessária e com todo empenho pessoal e da equipe os objetivos delimitados foram atingidos.

## 6. Referência bibliográfica

ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. PDF Reference: **Adobe Portable Document Format**, Version 1.6. 5. ed. San Jose: Adobe Systems Incorporated, 2004. Disponível em: <[http://partners.adobe.com/public/developer/pdf/index\\_reference.html](http://partners.adobe.com/public/developer/pdf/index_reference.html)>.

UFLA. **Sobre o curso de Engenharia de Controle e Automação**. Disponível em <<http://www.deg.ufla.br/sobre-o-curso-de-engenharia-de-controle-e-automacao/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SIEMENS. **Todos os manuais utilizados**. Disponível em <[https://search.siemens.com/en/?lang=pt&site=siemens\\_c\\_wv&q=manuais&lr=lang\\_en&collapse=true&class=search%2Cbanner%2Ctext& charset=UTF-8](https://search.siemens.com/en/?lang=pt&site=siemens_c_wv&q=manuais&lr=lang_en&collapse=true&class=search%2Cbanner%2Ctext& charset=UTF-8)>

CASSIOLATO, C. **Rede industriais**. São Paulo. 2011

SOUZA, R. **O protocolo PROFIBUS**. Poços de Caldas 2012

STEMMER, M. R. (2001). **Sistemas Distribuídos e Redes de Computadores para Controle e Automação Industrial**. 2001. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina.

BERGE, J. (2002). **Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance**. ISA – The Instrumentation, Systems and Automation Society, 2002.

CASSIOLATO, C.; TORRES, L. H. B.; CAMARGO, P. R. (2012). **Profibus – Descrição Técnica**. São Paulo: Associação Profibus Brasil, 2012.

ALMEIDA, F. **O que é Encoder? Para que serve? Como escolher? Como interfacear?**. Campinas, 2017.

MATTEDE, H. **Diagramas elétricos**. São Paulo, 2016.

BERTULUCCI, C. **Saiba tudo sobre CLP**. São Paulo, 2016.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada**. 3ª Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2002.

SILVA FILHO, Bernardo Severo da. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. Publicação própria, 2008.

PIRES J. Norberto. **Automação Industrial**. Editora Lidel – edições técnicas, 2002.

OLIVEIRA, Luiz Carlos de. **Apostila Motores CC**. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/oliveira/arquivos/MotoresCC.pdf>>