

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO E PROJETO DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO DE UMA CALDEIRA
INDUSTRIAL CBC.**

NATANAEL LOPES CALDAS

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2017

NATANAEL LOPES CALDAS

**ESTUDO E PROJETO DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO DE UMA CALDEIRA
INDUSTRIAL CBC.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica da Faculdades DOCTUM de Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.
Professor Orientador: MSC Ricardo Botelho Campos.

Caratinga/MG

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

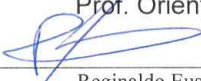
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO E PROJETO DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO DE UMA CALDEIRA INDUSTRIAL CBC., elaborado pelo(s) aluno(s) NATANAEL LOPES CALDAS foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

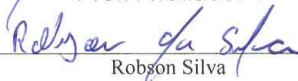
Caratinga 14 de Dezembro de 2017



Ricardo Botelho
Prof. Orientador



Reginaldo Eustáquio
Prof. Avaliador 1



Robson Silva
Prof. Examinador 2

À Deus por todas as bênçãos desta vida.....

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado, minha família e minha namorada pela força e apoio de sempre, aos meus amigos ao meu orientador Ricardo Botelho e todos os funcionários da Franbom, que de alguma forma me tiraram dúvidas e passaram um pouco dos seus conhecimentos contribuindo para meu aprendizado e elaboração deste projeto.

“N3o ganhe o mundo e perca sua alma; sabedoria 6 melhor que prata e ouro.”

(BOB MARLEY)

LOPES CALDAS, Natanael. **Estudo e Projeto de Automação de uma Caldeira Industrial CBC**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2017.

RESUMO

Este trabalho consiste no projeto de automação e supervisão de uma caldeira industrial CBC, adaptada a lenha. A proposta do projeto veio durante o estágio feito no Frigorífico Franbom LTDA, em que se notou a necessidade da melhora do equipamento, que apresentava problemas de retrocesso de gases na fornalha e por ser totalmente manual. Com isso utilizou-se o software de programação do CLP, TPW-03, em lógica ladder, para realizar a operação de automação da caldeira. Foram tomadas também precauções durante a programação para garantir a segurança dos operadores e do equipamento. Já com a programação do software supervisor, Elipse SCADA, usado nesta aplicação é possível supervisionar o processo por meio da IHM conectada fisicamente a aplicação, além de demonstrar as funcionalidades e a importância dos sistemas supervisórios de controle e aquisição de dados. Realizaram-se simulações para os testes, que demonstraram eficácia no controle e monitoramento do processo automatizado, sendo este criado de maneira que fosse simples e intuitiva aos usuários.

Palavras-chave: Caldeira. Automação. SCADA. Sistema supervisor.

LOPES CALDAS, Natanael. **Estudo e Projeto de Automação de uma Caldeira Industrial CBC**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2017.

ABSTRACT

This work consists in the design of automation and supervision of an industrial boiler CBC, adapted to firewood. The project proposal came during the internship done at Frigorífico Franbom LTDA, in which it was noted the need for improvement of the equipment, which presented problems of backlash of gases in the furnace and for being totally manual. With this, the programming software of the CLP, TPW-03, was used in ladder logic to carry out the automation operation of the boiler. Precautions have also been taken during programming to ensure the safety of operators and equipment. Already with the programming of the supervisory software, Elipse SCADA, used in this application it is possible to supervise the process through the physically connected HMI, as well as to demonstrate the functionalities and the importance of the supervisory control and data acquisition systems. Simulations were performed for the tests, which demonstrated effectiveness in the control and monitoring of the automated process, which was created in a way that was simple and intuitive to the users.

Key-words: Boiler. Automation. SCADA. Supervisory system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Exemplo de software supervisorio	17
Figura 2	– Caldeira movida a óleo BPF	20
Figura 3	– Caldeira estilo locomóvel com fornalha	21
Figura 4	– Princípio de funcionamento CLP	22
Figura 5	– Linguagem de Programação em uso	23
Figura 6	– Componentes da programação em linguagem Ladder	24
Figura 7	– Diagrama simplificado da caldeira	25
Figura 8	– Divisão das principais partes da caldeira	26
Figura 9	– Fornalha	26
Figura 10	– Acoplamento tubulões	27
Figura 11	– Tubo principal de saída dos gases da combustão	28
Figura 12	– Parte interna da caldeira	29
Figura 13	– Exaustor	29
Figura 14	– Diagrama procedimentos para ligar a caldeira	30
Figura 15	– Retrocesso de gases pela porta da fornalha	31
Figura 16	– Categoria das caldeiras	32
Figura 17	– LD 301	34
Figura 18	– TT 301	36
Figura 19	– Diagrama de rede do projeto	37
Figura 20	– Programação para o uso da expansão	38
Figura 21	– Lógica Ladder de Pressão	39
Figura 22	– Lógica Ladder de controle de nível	40
Figura 23	– Lógica Ladder de controle de temperatura	40
Figura 24	– Adição do drive Modbus.dll	41
Figura 25	– Configuração das funções	41
Figura 26	– Configuração das Tag's	42
Figura 27	– Tela Menu Principal	45
Figura 28	– Tela Exaustor	45
Figura 29	– Tela Bomba D'água	46
Figura 30	– Tela Pressão	47
Figura 31	– Tela supervisorio	48
Figura 32	– Comunicação supervisorio	53
Figura 33	– Comunicação simulator	53
Figura 34	– Termos de autorização de pesquisa	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Descrição dos códigos das funções	43
Tabela 2	– Controle de temperatura	46
Tabela 3	– Controle de nível	46
Tabela 4	– Controle de pressão	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCII	Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação
BPF	Óleo de Baixo Ponto de Fluidez
CLP	Controlador Lógico Programável
CPA	Controlador Programável para Automação
GBPS	Giga bits por segundo
IHM	Interface Homem Máquina
KBPS	Quilobit por segundo
MCA	Metros de Coluna d' Água
NEMA	National Electrical Manufactures Association
PSI	Libra-força por Polegada Quadrada
RTDs	Termorresistência
RTU	Unidade de Terminal Remoto
RUN	Executar
RPM	Rotações por Minuto
SCADA	Controle Supervisório e Aquisição de Dados

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>A</i>	Ampère
<i>cv</i>	Cavalo-Vapor
<i>mA</i>	Miliampère
<i>mm</i>	Milímetros
<i>mV</i>	Milivolt
<i>W</i>	Watt
<i>V</i>	Volts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 SISTEMA SUPERVISÓRIO	16
2.1.1 Elipse Scada	17
2.2 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	17
2.2.1 Protocolo Modbus	18
2.2.1.1 Modo ASCII	18
2.2.1.2 Modo RTU	18
2.2.2 Unidades Físicas de Comunicação Serial	19
2.3 CALDEIRAS	19
2.3.1 Caldeira movida a óleo BPF	20
2.3.2 Caldeira estilo locomóvel	20
2.4 CLP	21
2.4.1 Linguagem de Programação	22
2.4.1.1 Fundamentos da Programação em LADDER	23
3 DESENVOLVIMENTO	25
3.1 DIVISÕES DA CALDEIRA	25
3.1.1 Fornalha	26
3.1.1.1 Acoplamentos da fornalha	27
3.1.1.2 Interior da fornalha	28
3.1.2 Caldeira	28
3.1.3 Exaustor	29
3.1.4 Procedimento para Ligar a caldeira	30
3.1.5 Retrocessos de gases	30
3.2 INFORMAÇÕES DO SISTEMA	31
3.2.1 Caldeira	31
3.2.2 Motor	32
3.2.3 Bomba D'água	32
3.2.4 Exaustor	33
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
4.1 DESCRITIVO DOS EQUIPAMENTOS	34
4.1.1 Sensor de Pressão Diferencial	34
4.1.2 Transmissor de Pressão Absoluta	35
4.1.3 Transmissor de Temperatura	36
4.2 DIAGRAMA DE REDE	36

4.3 LÓGICA DE CONTROLE DO CLP	37
4.3.1 Programação para o uso da Expansão	37
4.3.2 Controle de Pressão	38
4.3.3 Controle de nível	39
4.3.4 Controle de Temperatura	40
4.4 ELIPSE SCADA	40
4.4.1 Tag's	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5.1 TELA DO SUPERVISÓRIO	44
5.1.1 Menu Principal	44
5.1.2 Exaustor	45
5.1.3 Bomba D'água	46
5.1.4 Pressão	47
5.1.5 Supervisório	47
5.2 ELIPSE MODBUS SIMULATOR	48
6 CONCLUSÃO	49
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE A Comunicação entre o Elipse Scada e o Simulator	53
ANEXO A Termos de Autorização de Pesquisa	54

1 INTRODUÇÃO

Atualmente há uma grande necessidade da automação dos processos industriais, buscando uma melhora nos equipamentos, rapidez e qualidade dos mesmos, garantindo assim redução de custo e eficiência do processo.

O interesse crescente das indústrias em aumentarem seus lucros investindo em projetos eficientes, confiáveis e consolidados incentiva a modernização e utilização das tecnologias disponíveis no mercado. Da mesma forma à necessidade de identificação das perdas e proposição de soluções eficientes e atrativas para redução ou eliminação das mesmas.

Neste sentido apesar de ser um equipamento existente desde o século XVIII, muitos avanços têm se apresentado as caldeiras, buscando sempre a modernização; A caldeira apresentada neste trabalho por se tratar de uma adaptação, ela exige uma maior atenção, principalmente em relação a eliminação dos gases da fornalha, e também um monitoramento pelo supervisor.

Portanto, buscou-se reunir dados/informações com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: Quais as vantagens da automação e supervisão de uma caldeira industrial a lenha utilizando o CLP ?

Diante disso, o presente trabalho consiste em proporcionar uma automação da caldeira industrial, utilizando a programação de softwares para a lógica do CLP; Além do desenvolvimento de um supervisor para o monitoramento de seu funcionamento e constatar por simulação a viabilidade e eficiência do projeto.

Com a automação feita utilizando o CLP, tpw-03 WEG, espera-se evitar o retrocesso de gases, fogo através da porta, melhoria do rendimento, menos intervenção humana, economia de combustível no caso a lenha e controlar a pressão dentro da fornalha que deve ser mantida menor, que a ambiente, para o bom funcionamento e rendimento do equipamento (NR 13, 2006).

O trabalho de conclusão de curso estruturou-se em seis capítulos na qual:

O primeiro, foi feito uma introdução por meio de uma contextualização do tema, depois foi descrito o problema junto aos objetivos propostos, e pôr fim a justificativa do projeto.

O segundo, traz uma revisão da literatura sobre os assuntos abordados no trabalho e necessários para a compreensão do projeto proposto. É feita uma descrição do sistema supervisorio, comunicação e programação usando linguagem ladder.

O terceiro, é feita uma descrição do processo e dos equipamentos estudados, representando por imagens e explicando cada parte fundamental para sua compreensão.

O quarto, trata sobre a metodologia do projeto, com a explicação dos sensores sugeridos além da criação do diagrama de rede e utilização dos softwares Elipse Scada para criação do

supervisório e o PCLink para a programação do CLP.

O quinto, aborda a simulação do supervisório pronta, onde se explica todos os pontos e outras discussões acerca das configurações e da programação.

O sexto capítulo é o último, neste capítulo é feita a conclusão do trabalho e acrescenta-se sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

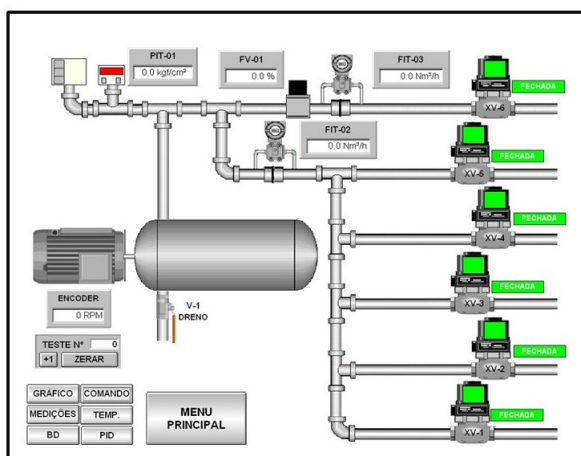
2.1 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório destina-se a armazenar e capturar informações sobre o processo de produção, e são os sensores responsáveis por tal tarefa em que transmitem os dados específicos da planta industrial. O sistema SCADA analisa e armazena as informações em um banco de dados e em seguida mostra os resultados em telas customizadas as IHM.

Os sistemas supervisórios podem ser considerados como o nível mais alto de IHM, pois mostram o que está acontecendo no processo e permitem ainda que se atue neste. A evolução dos equipamentos industriais, com a introdução crescente de sistemas de automação industrial, tornou complexa a tarefa de monitorar, controlar e gerenciar esses sistemas (MACHADO, 2012, p.136).

Segundo Barbosa (2005), os sistemas supervisórios tem se mostrado fundamental na estrutura de gestão das empresas, deixando de ser apenas uma ferramenta computacional, e se tornando uma relevante fonte de informação. Atualmente os principais sistemas de supervisão oferecem três atividades básicas (VIANNA, 2008 apud BEATRIZ, 2011, p.12-13).

1. Supervisão: Inclui todas as funções de monitoramento do processo como: sinóticos animados, gráficos de tendência com variáveis analógicas e digitais relatórios, etc.
2. Operação: Substitui a função mesa de controle em que inclui ações direta sobre os atuadores permitindo enviar comandos como ligar e desligar equipamentos, mudar o modo de operação dos equipamentos de controle, etc.
3. Controle: Os algoritmos de controle são executados em uma unidade de processamento autônomo, CLP, assim o sistema de supervisão são responsáveis apenas para ajustar o mecanismo de controle dinamicamente de acordo com o comportamento do processo.

Figura 1: Exemplo de software supervisorio

Fonte: De Lorenzo (2010)

2.1.1 Elipse Scada

Segundo o manual Elipse (2008):

O Elipse SCADA alia alto desempenho e grande versatilidade representados em seus diversos recursos que facilitam e agilizam a tarefa de desenvolvimento de sua aplicação. Totalmente configurável pelo usuário, permite a monitoração de variáveis em tempo real, através de gráficos e objetos que estão relacionados com as variáveis físicas de campo. Também é possível fazer acionamentos e enviar ou receber informações para equipamentos de aquisição de dados (p. 9).

O software pode ser executado em modo de demonstração; Este modo pode ser usado para avaliação do software, ele possui todos recursos existentes, com exceção de trabalhar com um máximo de 20 tags (variáveis de processo) e permitir comunicação com equipamentos de aquisição de dados por até 10 minutos (ELIPSE, 2008).

2.2 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Para que seja possível a comunicação entre os dispositivos ambos precisam seguir a mesma regra de comunicação, para que entendam cada conjunto de bits dentro da mensagem. Segundo Orlando (2012), denomina-se protocolo este conjunto de regras que governa a comunicação entre dois dispositivos, alinhando características de sintaxe (formato dos dados e codificação), semântica (informação de controle para coordenação de erros) e sincronização (definição da velocidade de envio das mensagens). Sem este conjunto de regras estabelecendo as diretrizes de comunicação entre os dispositivos, pode-se comparar tal situação a dois dispositivos falando idiomas diferentes impossibilitando o recebimento e envio da mensagem.

Com isso fica claro a definição de Machado (2012), que é um conjunto de regras, procedimentos e leis que governam a troca de informação entre dois ou mais processos; Os

protocolos industriais mais conhecidos são : Interbus, Modbus, Devicebus, Fielbus, Profibus, entre outros. Todos destinados à comunicação entre sistemas de automação.

2.2.1 Protocolo Modbus

Criado no final da década de setenta pela empresa Modicon, o protocolo modbus emprega duas variações nos modos de transmissão ASCII e RTU, que definem o conteúdo de bit da mensagem que será transmitida na rede e como a informação da mensagem será enviada e recebida. O modbus já possui espaço conquistado no mercado por ser um protocolo simples, robusto e de baixo custo, sendo muito utilizado em ambiente de comunicação industrial.

Segundo a National Instruments Corporation (2014), o Modbus é um protocolo de requisição-resposta que utiliza um relacionamento mestre-escravo. Em um relacionamento assim, a comunicação sempre ocorre em pares, um dispositivo deve iniciar a requisição e então aguardar por uma resposta, e o dispositivo iniciador (o mestre) é responsável por iniciar cada interação. Tipicamente, o mestre é uma interface IHM ou sistema SCADA e o escravo é um sensor, CLP ou CPA. O conteúdo dessas requisições, respostas e as camadas de rede pelas quais essas mensagens são enviadas são definidos pelas diferentes camadas do protocolo.

2.2.1.1 Modo ASCII

Segundo a Alfa instrumentos (2000), quando o dispositivo for configurado para este modo, para cada palavra de dados da mensagem são enviados dois caracteres no padrão ASCII. Sendo a principal vantagem deste modo a possibilidade de haver intervalos grandes entre o envio dos dados de uma mesma mensagem. Para Márcio (2014), este modo apesar de gerar mensagens legíveis pela tabela acaba consumindo mais recursos da rede.

Os dispositivos monitoram constantemente a rede para o início de uma mensagem. Quando uma mensagem é iniciada pelo mestre, todos os dispositivos da rede decodificam o campo de endereço para determinar qual escravo deve receber a mensagem.

2.2.1.2 Modo RTU

Segundo a Alfa instrumentos (2000), Quando o dispositivo for configurado para este modo, para cada palavra de dados da mensagem é enviado apenas um carácter no padrão hexadecimal. A principal vantagem do modo RTU em relação ao ASCII é a maior densidade de caracteres que é enviada numa mesma mensagem, aumentando o desempenho da comunicação.

Para Márcio (2014), o modo RTU não existe um caractere específico que indique o início ou o fim de um telegrama. A indicação de quando uma nova mensagem começa ou quando ela termina é feita pela ausência de transmissão de dados na rede, por um tempo mínimo de 3,5 vezes

o tempo de transmissão de um byte de dados. Sendo assim, caso um telegrama tenha iniciado após a ocorrência desse tempo mínimo, os elementos da rede irão assumir que o primeiro caractere recebido representa o início de um novo telegrama, e da mesma forma, os elementos da rede irão assumir que o telegrama chegou ao fim quando, recebidos os bytes do telegrama, este tempo decorra novamente.

2.2.2 Unidades Físicas de Comunicação Serial

A comunicação serial é utilizada em redes industriais, onde os padrões mais comuns são RS-232, RS-485 e Ethernet TCP/IP (MODBUS TCP). A velocidade de comunicação varia em cada um desses padrões, bem como o comprimento máximo da rede e o número máximo de dispositivos conectados.

As características segundo Márcio (2014) de cada unidades de comunicação são:

- RS-232 (Recommendad Standart-232) ou EIA-232 (Electronic Industries Alliance-232) é utilizado apenas em comunicações do tipo ponto a ponto, ou seja, só admite dois dispositivos na rede, que no caso do protocolo Modbus representa o mestre e 1 escravo. A velocidade máxima desse padrão está em torno de 115 Kbps, mas em alguns casos podem ser encontradas taxas um pouco maiores, a distância máxima entre os dispositivos da rede está em torno de 30m.
- O padrão RS-485 (Recommendad Standart-485) ou EIA-485 (Electronic Industries Alliance-485) é muito utilizado na indústria e sem dúvida é um dos padrões mais utilizados pelo protocolo Modbus. Esse padrão permite trabalhar com taxas de comunicação que podem chegar a 12 Mbps e em alguns casos até 50 Mbps, vale lembrar que quanto maior o comprimento da rede menor será a velocidade de comunicação, a distância máxima da rede está em torno de 1200 m, e o número máximo de dispositivos no barramento da rede é de 32.
- Ethernet no protocolo Modbus possui algumas variações, podendo chegar a 100 Mbps ou até 10 Gbps. A distância máxima pode variar de 100 m até próximo de 200 m dependendo do tipo de cabo utilizado e das condições de instalação do mesmo.

2.3 CALDEIRAS

São equipamentos, destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, excetuando-se os refervedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo (NR-13, 2017).

Segundo Topanotti (2014), basicamente as caldeiras industriais podem ser divididas em dois tipos, as flamotubulares onde os gases quentes passam por dentro dos tubos internos

transferindo o calor para a água depositada na parte externa dos tubos, e as aquatubulares, onde a água passa por dentro dos tubos e os gases quentes da combustão se deslocam externamente as paredes de metal, em contato direto com elas.

2.3.1 Caldeira movida a óleo BPF

Os óleos BPF's são aqueles produzidos a partir de frações pesadas resultante do processo de craqueamento do petróleo. Eles são constituídos de hidrocarbonetos e possuem uma elevada massa molecular, representados pela família das parafinas, naftênicos e aromáticos. O óleo BPF tem como função produzir calor e é utilizado em equipamentos destinados à geração de energia térmica (SERBEL, 2016).

Apesar de o óleo BPF ter um poder calorífico superior ao da lenha, o primeiro representa maior custo operacional para a empresa, tendo em vista o seu próprio custo e que sua utilização requer um sistema de lavagem da fumaça. Isso porque o óleo B.P.F. apresenta em sua composição 2,12 % de enxofre que são responsáveis pela formação dos compostos de enxofre durante o processo de combustão. Estes, por sua vez, podem reagir com o vapor d'água e produzir H_2SO_3 e H_2SO_4 , causando problemas de poluição atmosférica (CAETANO e ANTÔNIO, 2004, p. 2).

Figura 2: Caldeira movida a óleo BPF



Fonte: KW máquinas (2017)

2.3.2 Caldeira estilo locomóvel

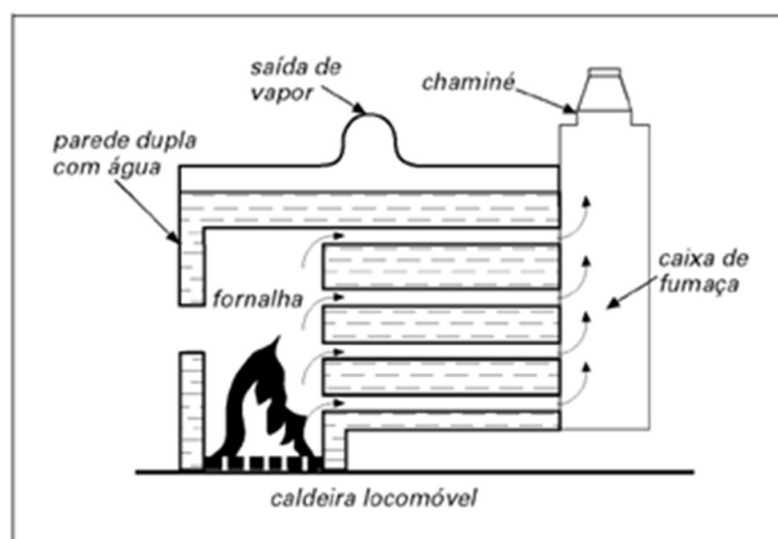
A caldeira locomóvel, é do tipo multitubular, tem como principal característica apresentar uma dupla parede em chapa na fornalha, pela qual a água circula (STROBEL, 2015).

Segundo Strobel (2015), os gases provenientes da combustão "fumos"(gases quentes e/ou gases de exaustão) atravessam a caldeira no interior de tubos que se encontram circundados por água, cedendo calor a mesma, figura 3. Já na fornalha, o processo é o contrario, a água a ser vaporizada circula pelos tubos, e os produtos da combustão pelo exterior deles.

Segundo Caetano e Antônio (2004), as caldeiras locomóvel a lenha em comparação com as de óleo BPF, apresenta a seguinte vantagem.

A madeira agride menos o meio ambiente por ser isenta de enxofre, gerando durante sua queima uma fumaça com menor teor de fuligem e produtos sulfurados, sendo, portanto, menos agressiva. Outro aspecto a ser considerado, é que apesar da lenha exigir maior utilização de mão-de-obra, bem como maior espaço físico para armazenamento, é o combustível mais barato, tanto por tonelada quanto por unidade de energia gerada, representando uma economia da ordem de 76,67 % em relação ao óleo BPF. A isto, ainda, soma-se o fato da lenha ser um recurso energético renovável (p. 2).

Figura 3: Caldeira estilo locomóvel com fornalha



Fonte: Gomes (2016)

2.4 CLP

Para Costa (2006), o CLP pode ser definido:

Um dispositivo de estado sólido, com memória programável para armazenamento de instruções para controle lógico programável e pode executar funções equivalentes as de um painel de relés ou de sistema de controle lógico, também realizando operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizados em controles automatizados (p. 57).

Segundo o NEMA (apud COSTA, 2006), o CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenamento interno de instruções para implemen-

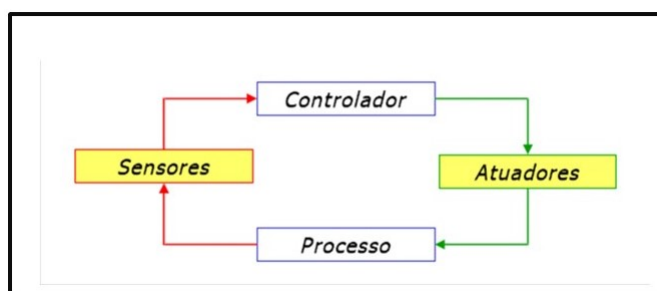
tações específicas, como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Para Machado (2012), as vantagens da utilização dos CLP's em comparação com outros dispositivos industrial podem, ser:

- Menor espaço ocupado;
- Menor Potência elétrica requerida;
- Reutilização;
- Programável;
- Maior confiabilidade;
- Fácil manutenção;
- Maior flexibilidade;
- Permite interface através de rede de comunicação com outros CLP's e microcomputadores;
- Projeto mais rápido.

A figura 4, representa de forma geral o funcionamento do CLP. Para que o processo seja controlado tem que haver o monitoramento, papel este desempenhado por sensores. O CLP então atua sobre o processo com base nas leituras dos sensores, por meio de atuadores.

Figura 4: Princípio de funcionamento CLP



Fonte: Controle e Monitoramento (2010)

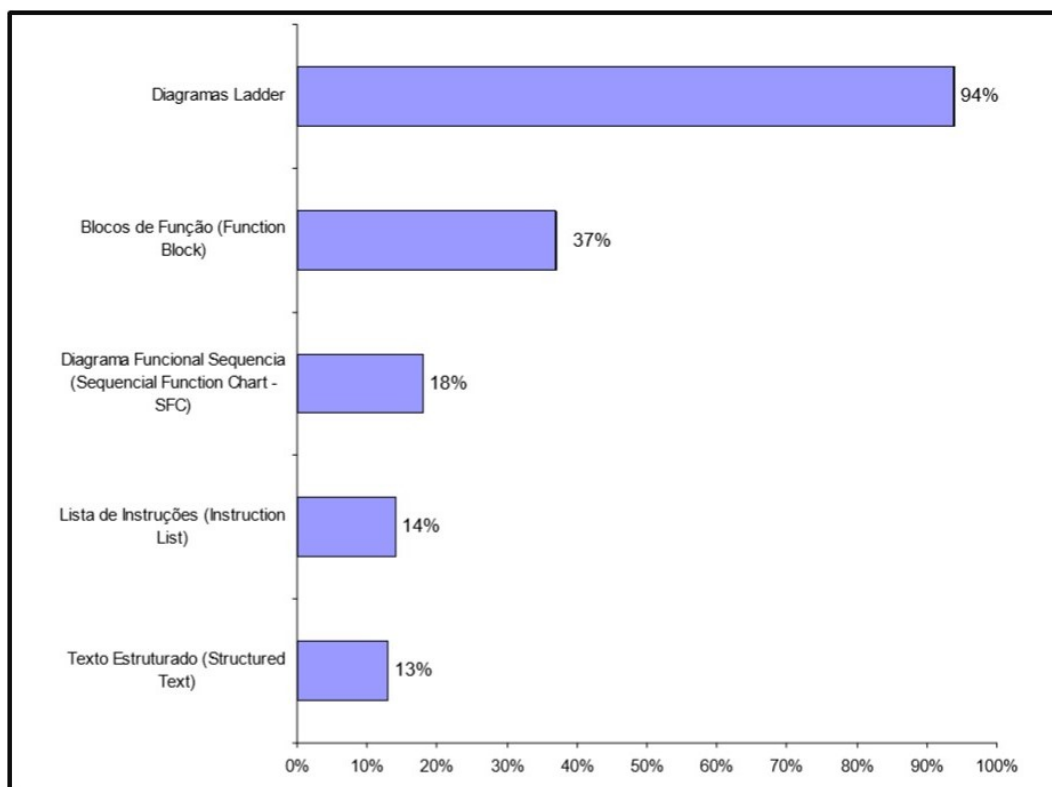
2.4.1 Linguagem de Programação

A Norma IEC 61131 (inicialmente 1131), de agosto de 1992, sobre Controladores Lógicos Programáveis, apresenta atualmente oito partes (IEC 61131-1 a IEC 61131-8). A terceira parte (IEC 61131-3) aborda as linguagens de programação e define, também, a estrutura de um projeto, os tipos de dados e a organização interna do programa. As cinco linguagens de programação definidas pela IEC 61131-3, são: as Textuais: lista de instruções (Instruction List-IL) e texto estruturado (Structured Text-ST) e as gráficas: Ladder (Diagramas de Relés-LD),

diagrama de blocos de função (Function Block Diagrama – FBD) e Linguagem de Diagrama Sequencial (Sequencial Flow Chart – SFC) (COSTA SOUZA, 2006, p.64).

A figura 5, apresenta a porcentagem de emprego de cada uma destas linguagens de programação.

Figura 5: Linguagem de Programação em uso



Fonte: Controle e Monitoramento (2010) apud Costa (2006)

De acordo com o gráfico, a linguagem ladder é a mais utilizada, isso se deve pois os técnicos e engenheiros estão mais familiarizados com ela, além de praticamente todos os CLPs de uso geral adotam essa linguagem, podendo adicionalmente usar outras.

2.4.1.1 Fundamentos da Programação em LADDER

A linguagem de programação Ladder segundo Costa (2006), possui as seguintes regras de conexão:

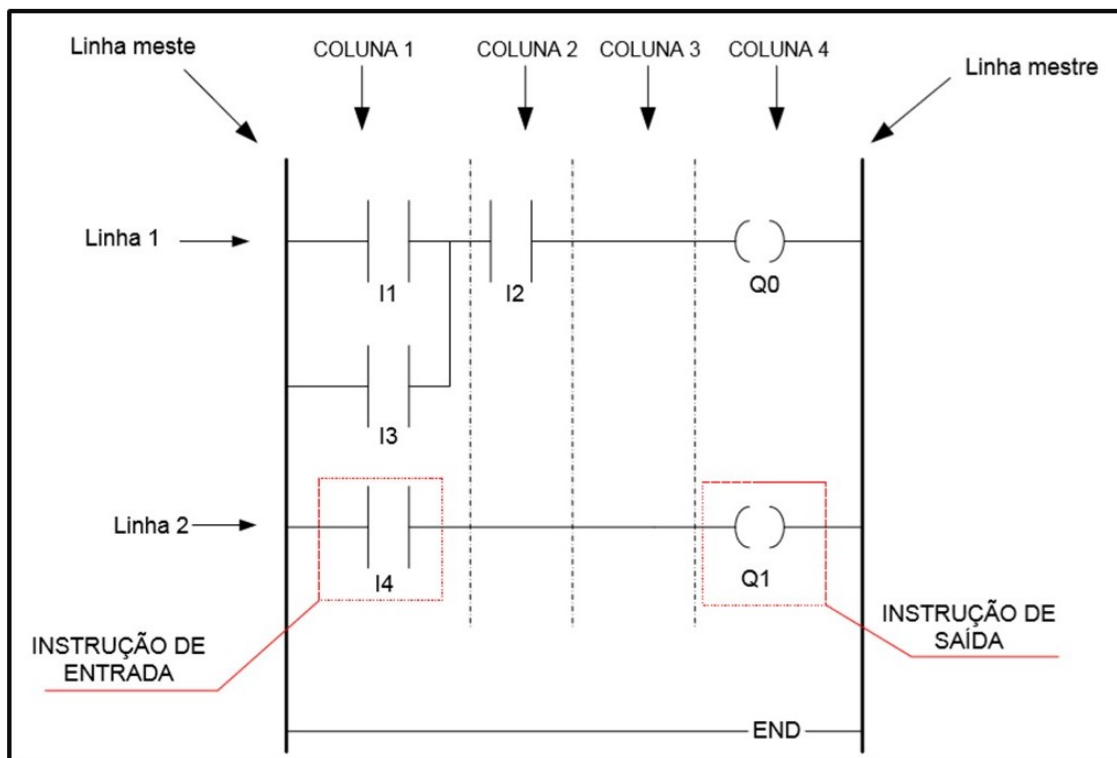
As linhas verticais das extremidades chamam-se linhas mestres, à esquerda são conectadas as instruções de entrada e na direita somente as instruções de saída.

As instruções de entrada e de saída são conectadas através de linhas horizontais; As linhas horizontais são interligadas através de linhas verticais e não permitem várias linhas em uma única coluna.

A linguagem de programação Ladder tem regra para o processamento das instruções, e a instrução de saída só será executada se houver continuidade na linha lógica.

A figura 6 representa os principais componentes da linguagem de programação Ladder.

Figura 6: Componentes da programação em linguagem Ladder



Fonte: Junior,Pereira (2006) apud Costa (2006)

3 DESENVOLVIMENTO

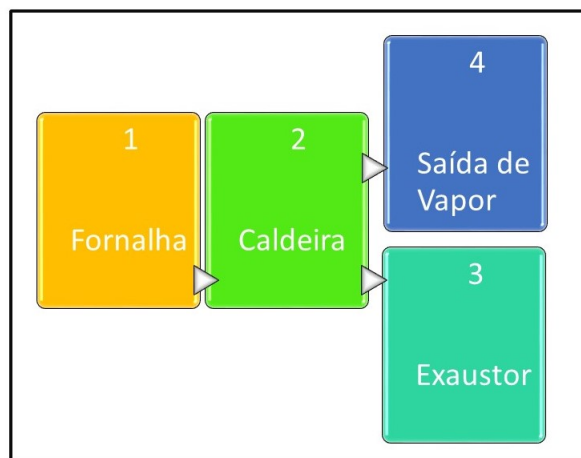
3.1 DIVISÕES DA CALDEIRA

Para efeito de estudo foi criado de forma sequencial uma enumeração das principais partes da caldeira, mostrada por figuras e diagramas, descrevendo também suas funções e seus procedimentos operacionais.

O vapor produzido pela caldeira e utilizado em diferentes processos, no caso do frigorífico e utilizado na esterilização de ferramentas, em equipamentos e para produção de ração. Deste modo a função da caldeira é transferir a energia retirada do combustível, no caso a lenha, para a água utilizando assim no processo final.

A figura 7, representa de forma abrangente e esquemática as quatro divisões principais da caldeira.

Figura 7: Diagrama simplificado da caldeira



Fonte: Autor (2017)

A figura 8, mostra a caldeira como um todo, enumerando suas respectivas partes estudadas e relacionando-as ao diagrama mostrado na figura 7.

Figura 8: Divisão das principais partes da caldeira

Fonte: Autor (2017)

3.1.1 Fornalha

A fornalha figura 9, também conhecida como tubo fornalha nas caldeiras flamotubulares, é o local onde ocorre a queima do combustível com a presença do oxigênio contido no ar.

A combustão pode ser feita utilizando-se vários combustíveis, de diversas maneiras, dependendo de suas características como líquido, gasoso ou os sólidos (biomassa).

Figura 9: Fornalha

Fonte: Autor (2017)

1a Portas para alimentação da fornalha.

- 1b Tubulão de água superior, contém em seu interior água e vapor formado pela troca térmica entre os gases da combustão e a água em circulação na caldeira. Sua principal função é separar a água do vapor.
- 1c Tubulão de água inferior, é o elemento de ligação dos tubos para possibilitar a circulação de água na caldeira, tem por função de acumular lama formada pela reação dos produtos químicos com a água da caldeira.
- 1d Tubo aberto para a entrada de oxigênio na fornalha, sendo que a parte inferior da fornalha também existe gretas entre os tubos para a entrada de oxigênio e as cinzas que caem da queima da madeira.

3.1.1.1 Acoplamentos da fornalha

A figura 10, mostra os acoplamentos dos tubulões superior e inferior, interligando a fornalha à caldeira.

Figura 10: Acoplamento tubulões



Fonte: Autor (2017)

- 1b Acoplamento tubulão superior a caldeira, contribui para o fluxo natural entre a caldeira e a fornalha passando principalmente vapor da fornalha para caldeira.
- 1c Acoplamento tubulão inferior a caldeira, contribui para o fluxo natural passando principalmente água da caldeira para fornalha.

3.1.1.2 Interior da fornalha

A figura 11, mostra o interior da fornalha, com o tubo principal de saída dos gases provenientes da combustão.

Figura 11: Tubo principal de saída dos gases da combustão



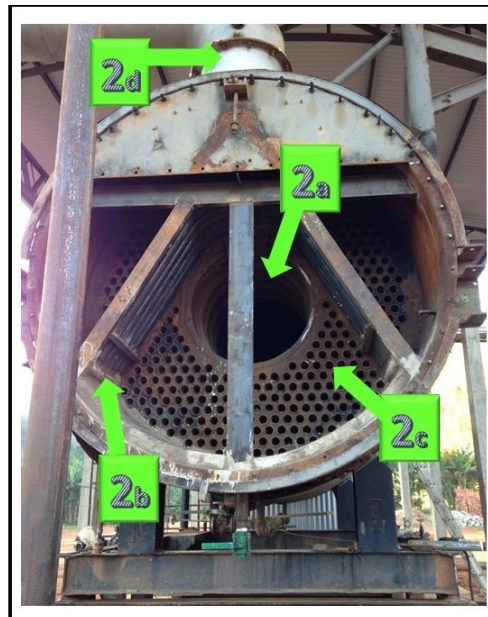
Fonte: Autor (2017)

1e Tubo de passagem de gases quentes, interligando a fornalha à caldeira flamotubular.

3.1.2 Caldeira

Nas caldeiras flamotubulares, os produtos da combustão circulam pelo interior dos tubos, que ficam imersos na água a ser vaporizada, figura 12.

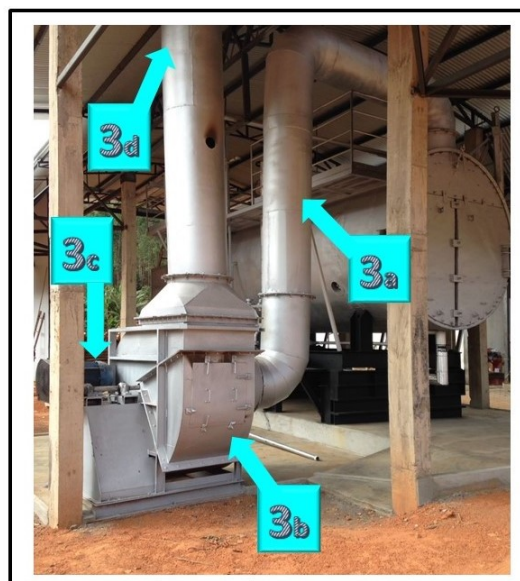
- 2a Tubo principal de vapor da combustão, oriundo da fornalha.
- 2b Tubos de circulação de água, aproveita a saída dos gases quente para o pré-aquecimento da água que vai entrar na caldeira.
- 2c Tubos secundários para a circulação dos gases oriundos da combustão.
- 2d Tubo de saída final dos gases da combustão, interliga a caldeira ao exaustor.

Figura 12: Parte interna da caldeira

Fonte: Autor (2017)

3.1.3 Exaustor

É a parte que garante a circulação dos gases quentes da combustão através de todo o sistema pelo chamado efeito de tiragem. Quando a tiragem, porém, é promovida por ventilador exaustor, sua função se resume no dirigir os gases da combustão para a atmosfera, neste caso se diz que a tiragem é induzida. A circulação dos gases também poderá ser assegurada por um ventilador soprador de ar de combustão, com pressão suficiente para vencer toda a perda de carga do circuito, neste sentido a tiragem se diz forçada. No caso estudado se trata da tiragem induzida.

Figura 13: Exaustor

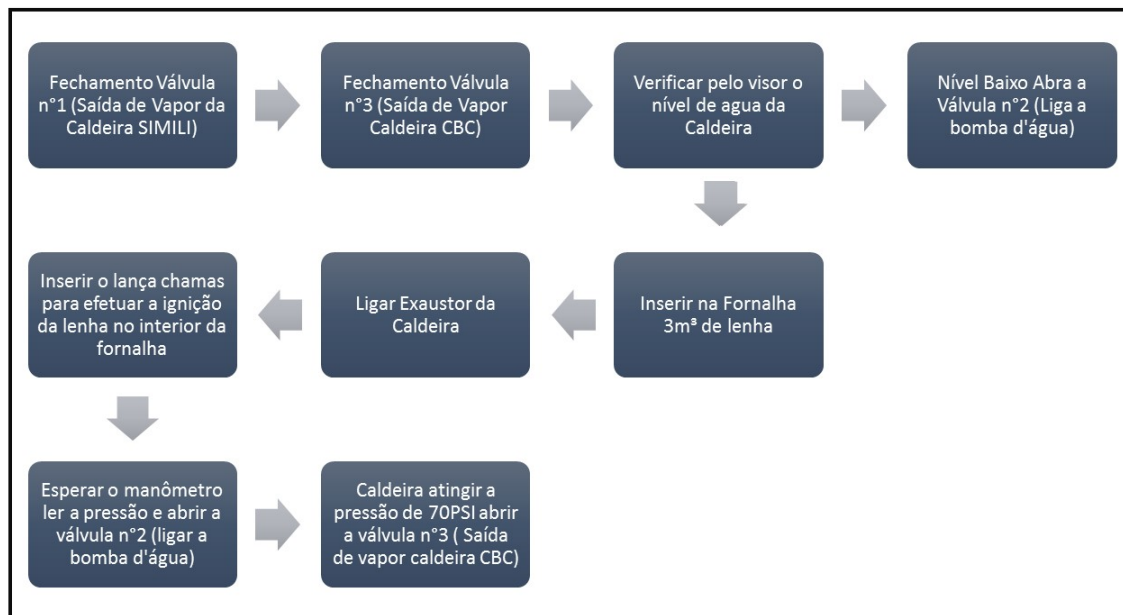
Fonte: Autor (2017)

- 3a Tubo de gases da combustão, entre a caldeira e o exaustor
- 3b Caixa onde se comporta a hélice do exaustor
- 3c Motor responsável pela rotação do exaustor
- 3d Chaminé, saída dos gases quentes para atmosfera.

3.1.4 Procedimento para Ligar a caldeira

O procedimento para ligar a caldeira está representado detalhadamente na figura 14. Podemos ver também o fechamento da válvula referente a caldeira SIMILI, esta movida a óleo BPF, na qual esta sendo desativada pela diretoria com o intuito de redução de custo.

Figura 14: Diagrama procedimentos para ligar a caldeira



Fonte: Autor (2017)

Através deste diagrama ,figura 14, percebemos que todos os comandos são manuais, executados pelo operador no painel do equipamento, tendo também que ir nos visores, manômetros regularmente para acompanhar as leituras do processo.

3.1.5 Retrocessos de gases

Um dos principais problemas da referida caldeira e a regulagem da eliminação dos gases, como podemos ver na figura 15, a um acúmulo de fuligem nas portas da fornalha o que comprova o retrocesso dos gases da combustão, perda de calor, além de risco ao operador , na alimentação da fornalha com gases quentes.

Figura 15: Retrocesso de gases pela porta da fornalha



Fonte: Autor (2017)

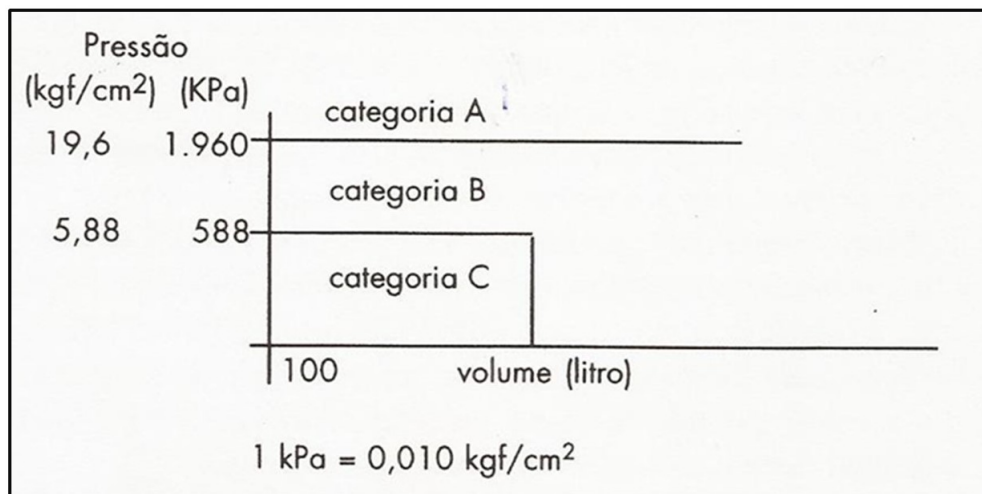
3.2 INFORMAÇÕES DO SISTEMA

3.2.1 Caldeira

A caldeira deste projeto por se tratar de uma adaptação como já foi mencionado, exige uma maior atenção e cuidado.

A caldeira possui as seguintes características:

- Caldeira a lenha
- Categoria "B"
- Pressão de trabalho 70 PSI

Figura 16: Categoria das caldeiras

Fonte: Santos Cabral (2007)

Sendo uma caldeira a lenha, a produção de vapor, ocorre através da queima do combustível na fornalha, sendo todo o ar participante da combustão oriundo do meio externo. Assim, a temperatura do ar de entrada é de ambiente.

3.2.2 Motor

O exaustor é acionado por um motor elétrico de indução cujas características são:

- Potência Nominal: 22099 W
- Corrente Nominal: 42,3 A
- Tensão nominal: 380 V

3.2.3 Bomba D'água

A bomba d'água, instalada na caldeira CBC apresenta as seguintes características:

- Potência : motor de 40 CV WEG
- Tensão: Trifásica 220V/380V
- Vazão: Máxima 125 M³/h | Mínima 20 M³/h
- Altura: Mínima 46 MCA | Máxima 67 MCA

3.2.4 Exaustor

O ar utilizado na fornalha é fornecido por um exaustor com as seguintes características.

- Centrífugo
- Simples Sucção
- Pás voltadas para trás
- Velocidade nominal 1099 rpm

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário conhecer os equipamentos e os respectivos dados para juntar as informações, fazer os estudos e comparar os resultados. Além de apresentar os software utilizados para o desenvolvimento e simulação do supervisório.

4.1 DESCRITIVO DOS EQUIPAMENTOS

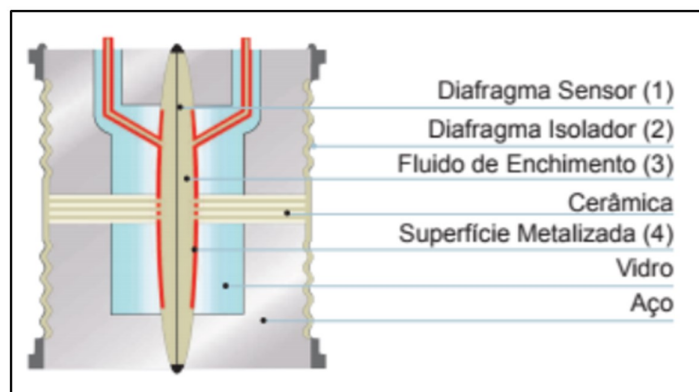
4.1.1 Sensor de Pressão Diferencial

Com uso deste equipamento é possível saber com precisão o nível de água dentro da caldeira, sendo importante para o controle do sistema, evitando assim que fique vazia ou muito cheia, o que pode gerar riscos ao equipamento e aos operadores.

O dispositivo sugerido para automação é o LD 301. Segue abaixo os dados fornecidos pela Smar (2014):

- Exatidão de $\pm 0,04\%$;
- Faixa de operação 0 a 5800 PSI;
- Pressão estática 7500 PSI;
- Linearização para tanque;
- Saída 4-20mA ;

Figura 17: LD 301



Fonte: Catálogo Smar LD 300 (2013)

Um esquema da célula capacitiva é mostrado na figura 17 . No centro da célula está o diafragma sensor (1). Este diafragma flexiona-se em função da diferença de pressões aplicadas ao lado direito e esquerdo da célula. Essas pressões são aplicadas diretamente aos diafragmas isoladores (2), os quais fornecem resistência contra corrosão provocada por fluidos de processos. A pressão é diretamente transmitida ao diafragma sensor através do fluido de enchimento (3), provocando a sua deflexão.

O diafragma sensor é um eletrodo móvel. As duas superfícies metalizadas (4) são eletrodos fixos. A deflexão do diafragma sensor é percebida através da variação da capacitância entre os dois eletrodos fixos e o móvel.

Mede-se a diferença de pressão de dois pontos, no caso nas tomadas de pulso no tubulão da caldeira, onde se lê o nível através da régua de vidro. Com isso subtraindo a pressão na parte inferior pela pressão na parte superior assim obtêm qual a pressão exercida pela coluna d'água.

Segundo a equação da estática dos fluidos, a diferença de pressão tem relação com altura da coluna do fluido, no caso a coluna de água, como pode verificar na equação 4.1 .

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \mu g \Delta h \quad (4.1)$$

Onde:

Δp = Variação da pressão

p_1 = Pressão na parte inferior

p_2 = Pressão na parte superior

μ = Massa específica do fluido

g = Aceleração da gravidade

Δh = Variação da altura

4.1.2 Transmissor de Pressão Absoluta

Este transmissor é muito importante para o projeto, pois com os dados enviados deste equipamento para o CLP, realiza-se o controle da pressão no interior da caldeira tendo segurança, afim de que não atinja valores fora dos permitidos, evitando assim acidentes.

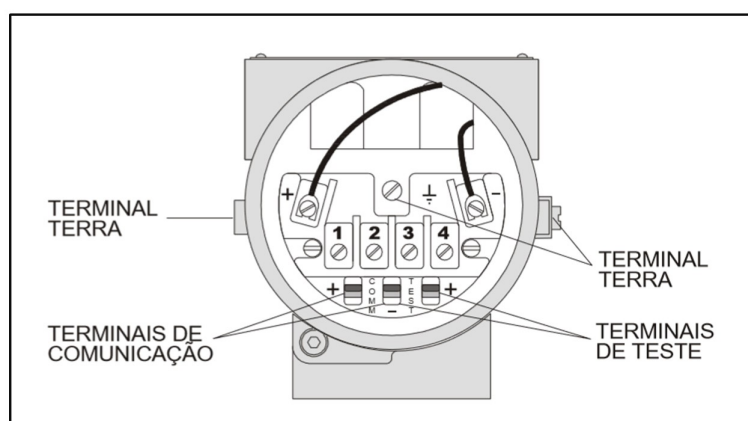
O princípio de funcionamento deste sensor capacitivo é igual o mostrado para o transmissor de pressão diferencial LD 301. Sendo também um equipamento da Smar modelo LD 290.

4.1.3 Transmissor de Temperatura

O TT 301, é o transmissor de temperatura sugerido para a automação, tem como função interpretar o sinal enviado do termopar. Sua operação aceita sinal de geradores de mV (milivolts) com uma faixa entre -50 a 500 mV e resistência entre 0 e 2000 Ohms respectivamente.

No caso deste projeto foi sugerido o uso de um termopar e este conectado ao transmissor de temperatura no terminal indicado na figura 18 .

Figura 18: TT 301



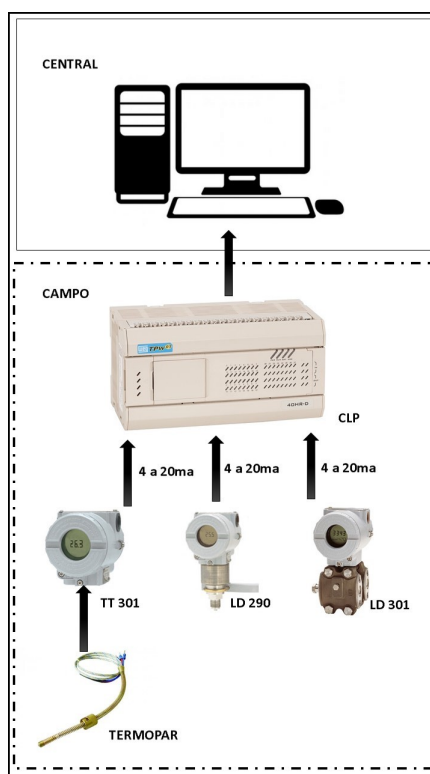
Fonte: Catálogo Smar TT 300 (2014)

Abaixo segundo a Smar (2014), tem-se algumas características do TT 301.

- Exatidão de $\pm 0,02\%$
- Linearização de RTDs e termopares embutidos;
- Indicação digital alfanumérica;
- Dois fios de saída 4-20mA e comunicação digital direta;
- Entrada universal aceita vários termopares, RTDs, mV, Ohm;

4.2 DIAGRAMA DE REDE

O diagrama de rede é uma ferramenta útil para o projeto de automação, pois depois de se definir os transmissores, pode-se visualizar com clareza as redes de comunicação existente, podendo também realizar uma pré-análise, facilitando assim possíveis trocas de equipamentos para facilitar a comunicação dos dados, o diagrama deste projeto foi representado na figura 19.

Figura 19: Diagrama de rede do projeto

Fonte: Autor (2017)

Como pode ser visto, serão utilizados sensores com saídas de 4 a 20 mA instalados na caldeira CBC para coleta dos dados, como pressão, temperatura e nível de água. Esses dados serão interpretados pelo CLP que tem a comunicação estabelecida com o software Elipse Scada, em linguagem Modbus, na qual será monitorados e apresentado através da IHM ao operador. Sendo que o mesmo pode efetuar manobras como desligar o exaustor, bomba d'água e fechar válvula; Tendo assim domínio de todo o processo.

4.3 LÓGICA DE CONTROLE DO CLP

Para o funcionamento do CLP, é necessário a presença de um programa que defina a lógica de controle usada. Esta lógica possui vários tipos de linguagens possíveis para sua programação, neste projeto foi utilizado o PCLink em linguagem LADDER.

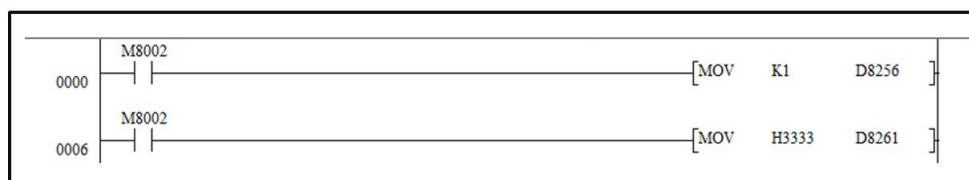
Será descrito abaixo os principais passos da lógica, com seus devidos comentários e objetivos.

4.3.1 Programação para o uso da Expansão

Os sensores deste projeto foram escolhidos para enviar dados analógicos ao CLP, especificamente sinais de 4 a 20 mA. Como o CLP escolhido foi o TPW-03 e ele não possui entradas

analógicas, foi necessário a escolha de uma expansão, a única que dispunha de mais entradas analógicas é a TP-02 4AD+, e para utiliza-la e de suma importância sua configuração, conforme pode ser visto na figura 20 .

Figura 20: Programação para o uso da expansão



Fonte: Autor (2017)

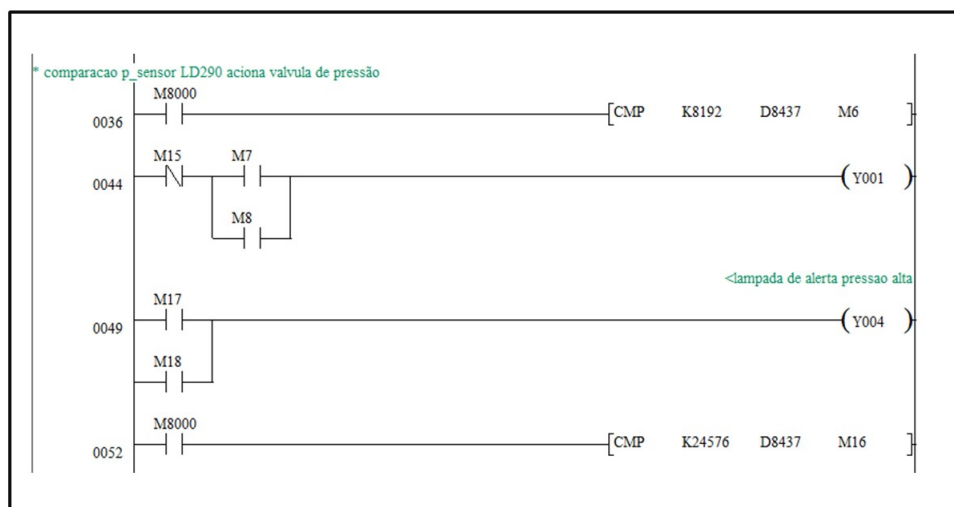
Seguindo o manual de instalação do TPW-03 (2012), iniciou sua configuração com o marcado M8002 mandando um pulso e movendo uma constante decimal de valor 1 para a entrada especial D8256, informando o uso da expansão analógica. O próximo passo é configurar qual será o tipo de entrada, conforme a linha 6 da figura 20 , para isso iniciou com o marcador M8002 movendo um valor hexadecimal, informando que nos quatro canais irão trabalhar com valores de corrente de 4 a 20 mA no registrador especial D8261.

4.3.2 Controle de Pressão

Através da função de comparação será feita o controle de pressão da caldeira. Primeiramente foi utilizado o marcador especial M8000 que estará habilitado quando o PLC estiver em modo RUN, com isso a lógica de comparação consiste em receber os dados analógicos (4 a 20 mA) enviados para o "canal 2", D8437, endereço de memória, que fará a comparação da seguinte maneira, dados abaixo de 8192 acionará o marcador geral M6 que não foi utilizado, igual a 8192 acionará o marcador geral M7 e por fim dados maiores que 8192 acionará o marcador geral M8.

Como pode ser visto na linha 44 da figura 21 , ela se inicia com um marcador geral M15 normalmente fechado que será um botão de emergência no supervisório para o fechamento da válvula, saída de vapor. Seguindo a linha lógica tem-se os marcadores M6 e M8, em paralelos com isso quando a caldeira atingir 70 PSI, que a é a pressão de trabalho o marcador M7 será fechado acionando a saída física do CLP Y0, que estará ligada a válvula, o mesmo acontece quando a pressão passar de 70 PSI fechando o marcador M8.

Na linha 52 da figura 21 , também tem a mesma lógica de comparação com a seguinte diferença, quando D8437 receber um valor igual ou maior que 24576 acionará a saída Y4 do CLP, que consiste em uma lâmpada de alerta, caso aja alguma falha, como a não abertura da válvula.

Figura 21: Lógica Ladder de Pressão

Fonte: Autor (2017)

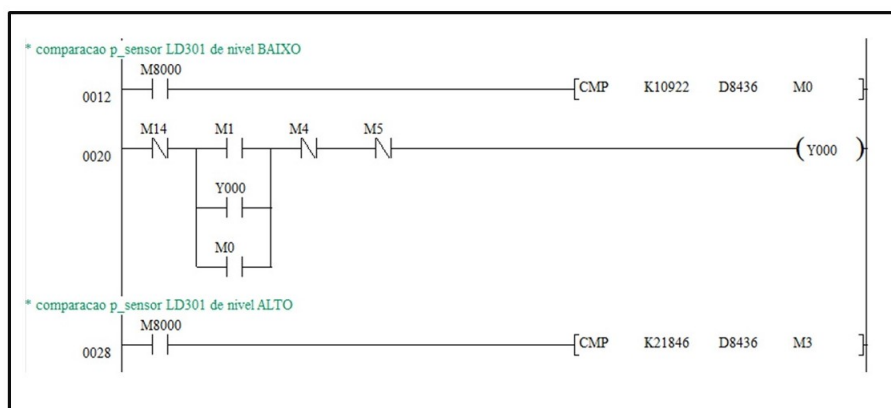
4.3.3 Controle de nível

Utilizando o mesmo esquema criado para o controle de pressão desenvolveu-se o controle de nível, com as seguintes modificações como o canal de entrada de dados, que agora é o "1", D8436, que é responsável por receber o sinal analógico e leva-lós para a função de comparação que pode ser visto na linha 12 da figura 22, ela se trata de comparar os dados pre estabelecidos com as variações analógicas vinda do sensor, em que dados menores que 10922 aciona o marcador M0, dados igual a 10922 aciona o marcador M1 e dados maiores que 10922 aciona o marcador M2 que não foi utilizado.

Seguindo a linha lógica, podemos ver que acionando qualquer uns dos marcadores M0 ou M1 que indicam nível baixo, aciona a saída Y0 saída física do CLP, que está ligada a uma bomba d'água, intertravando o sistema. Porem a uma outra função de comparação presente na linha 28 da figura 22, que apresenta a mesma função de comparação anterior com a seguinte diferença, dados igual a 21846 abre, a memoria M4 e maiores que 21846, abre a memoria M5 ambos desligando o sistema, nível alto de água.

O sistema só será ligado novamente quando a caldeira chegar ao nível baixo, função para acionar o marcador M1. Por fim foi colocado o marcador M14 normalmente fechado, funcionando como um botão de emergência no supervisório, para o desarme da bomba d'água.

Figura 22: Lógica Ladder de controle de nível



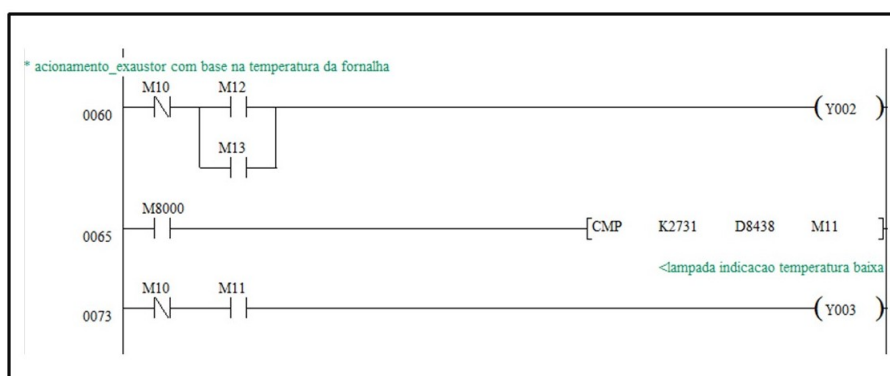
Fonte: Autor (2017)

4.3.4 Controle de Temperatura

Para o controle de temperatura utiliza-se novamente os comparadores, com a seguinte lógica de programação, utilizando o "canal 3", D8438 fará a comparação com dados enviados pelo sensor TT301, em que dados iguais a 2731 acionará o marcador M12 e maiores acionará o marcador M13, ligando assim a saída física do CLP, Y2, que é o motor do exaustor.

Quando a comparação for menor que 2731, aciona o marcador M11, que pode ser visto na linha 73 da figura 23 ,que fecha o contato acionando a saída Y3 do CLP, sendo este um indicador de temperatura baixa, alertando o operador para uma possível falta de combustível na fornalha.

Figura 23: Lógica Ladder de controle de temperatura



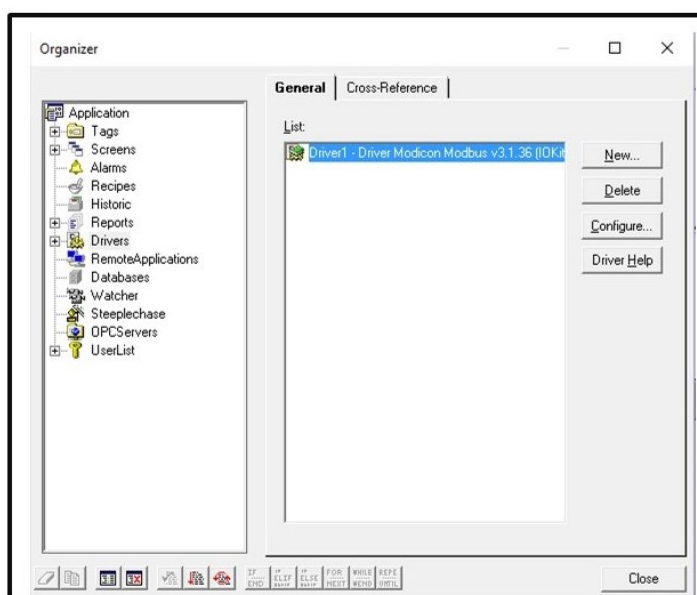
Fonte: Autor (2017)

4.4 ELIPSE SCADA

A inicialização do software se dá após a confirmação da execução de demonstração; após isso é necessário configurá-lo, começando com a adição do drive na aba organizador, para isso o

drive Modbus.dll deve estar instalado na unidade C: da maquina.

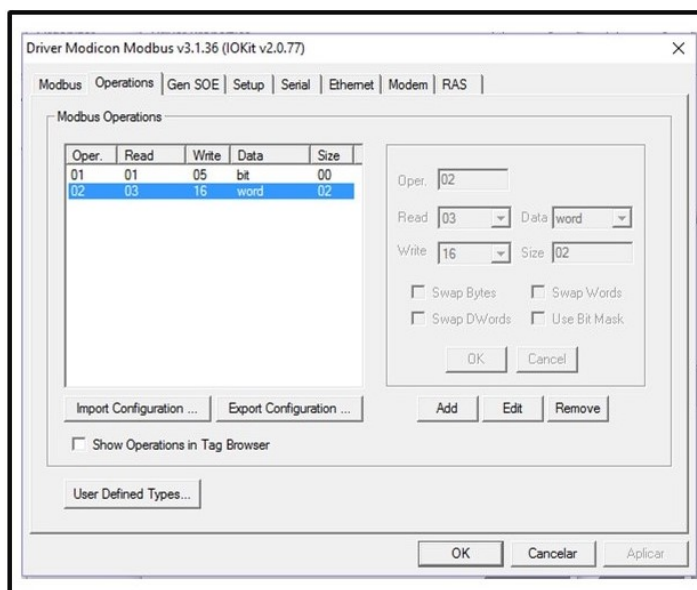
Figura 24: Adição do drive Modbus.dll



Fonte: Autor (2017)

Na sequencia será necessário a configuração das funções, na aba configurar, extra, operação. Sera adicionada a função de acordo com o manual do drive modicon modbus. Foi adicionado duas funções conforme a figura 25, a função "1" foi configurada com leitura "1" e escrita "5" que é leitura de bit em uma bobina, dados digitais, já função "2" foi configurada com leitura "3" e escrita "16" que é leitura de palavras, dados analógicos, ambas as funções servem tanto para entradas como saídas.

Figura 25: Configuração das funções



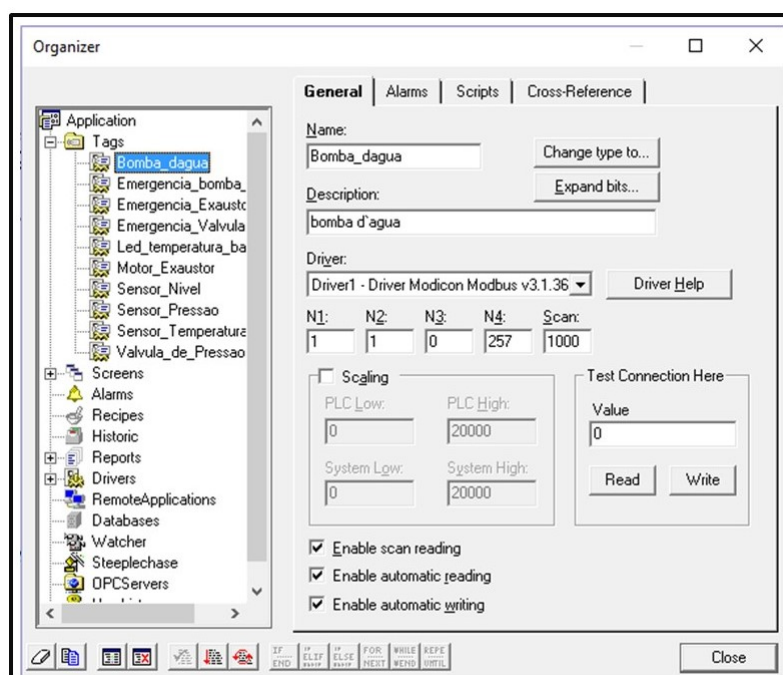
Fonte: Autor (2017)

4.4.1 Tag's

A criação das variáveis, são feitas de acordo com as funções pretendidas, e de acordo com a logica de programação do CLP. Para a configuração de cada Tag e necessário seguir a programação e o manual Elipse, para que assim não ocorra erros entre a comunicação do CLP e a interface do SCADA.

Os dados são colocados na aba organização conforme a figura 26.

Figura 26: Configuração das Tag's



Fonte: Autor (2017)

Neste projeto foi criado 10 tags, dentre delas 3 para dados analógicos que são utilizadas nos gráficos para leitura dos sensores, as configurações seguem a seguinte ordem.

N1 Endereço do CLP.

N2 Numero da função que foi criada "1" para dados digitais e "2" para dados analógicos.

N3 Sempre "0"

N4 Dado de leitura configurado de acordo com a tabela 1

Tabela 1: Descrição dos códigos das funções

Mapeamento de memória -Bits		Mapeamento de memória -words	
Endereço modbus Decimal	Descrição dos Bits	Endereço modbus Decimal	Descrição das Words
1 - 256	X0 - X377	16385 - 16896	T0 - T511 Valor Atual
257 - 512	Y0 - Y377	16897 - 17096	C0 - C199 Valor Atual
513 - 2048	M0 - M1535	17097 - 17208	C200 - C255 Valor Atual
2049 - 3072	S0 - S1023	17209 - 25720	D0 - D8511 Valor Atual
3073 - 3584	T0 - T511	25721 - 25752	Z0,V0 - Z15,V15 Valor Atual
3585 - 3840	C0 - C255	25753 - 26264	T0 - T511 Valor Programado
3841 - 4096	M8000 - M8255	26265 - 26464	C0 - C199 Valor Programado
4097 - 4352	M8256 - M8511	26465 - 26576	C200 - C255 Valor Programado
4353 - 7424	S1024 - S4095	26577 - 28672	Reservado
7425 - 13568	M1536 - M7679		
13569 - 16384	Reservado		

Fonte: Autor (2017)

A tabela 1, foi desenvolvida com os valores possíveis para a comunicação, tendo apenas que relacionar a descrição do bit ou word usado na programação do software PCLink, com o endereço modbus da tag em decimal (N4). Tendo assim a leitura de cada entrada ou saída da programação através do supervisor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interface do supervisório foi construída à partir das informações detalhadas nas seções de desenvolvimento, as posições dos componentes do supervisório foi estabelecida de maneira bem acessível e intuitiva de modo a facilitar a compreensão do sistema pelo usuário e tornar o processo mais eficiente.

5.1 TELA DO SUPERVISÓRIO

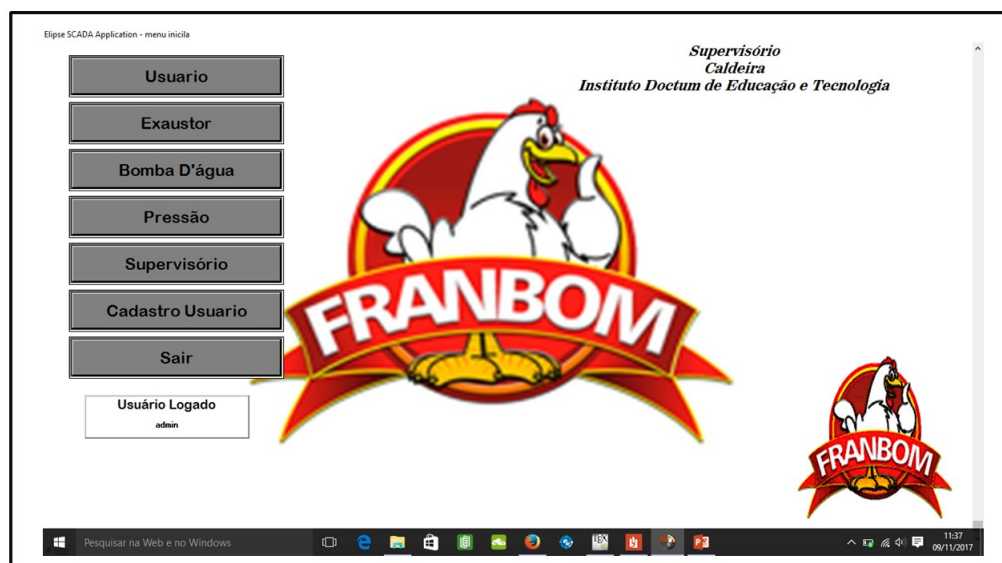
A tela do Supervisório foi criada usando as funções do Elipse Scada como, criação de botões, gráficos de barras, inserção de imagens entre outras. Sendo organizadas e criadas com a função de acompanhamento e representação do processo industrial.

Os sensores foram representados de forma animada indicando seu estado no processo. São esses a leitura de temperatura, pressão e volume, o funcionamento desses botões, gráficos se dá relacionando as tags conforme explicado no item 4.4.1, com o intuito de visualizá-las ativas, inativas e as leituras dos sensores.

5.1.1 Menu Principal

Foi desenvolvida essa tela, figura 27 , com o objetivo de tornar a IHM mais interativa com o usuário, e uma forma de segurança para a empresa, já que para navegar em seu menu o usuário precisa da senha já cadastrada. A tela menu principal conta as seguintes funcionalidades o login, direcionamento para supervisão do exaustor, supervisão da bomba d'água, supervisão de pressão e supervisão de todos os processos juntos, além do cadastro de usuário e a funcionalidade sair.

Figura 27: Tela Menu Principal

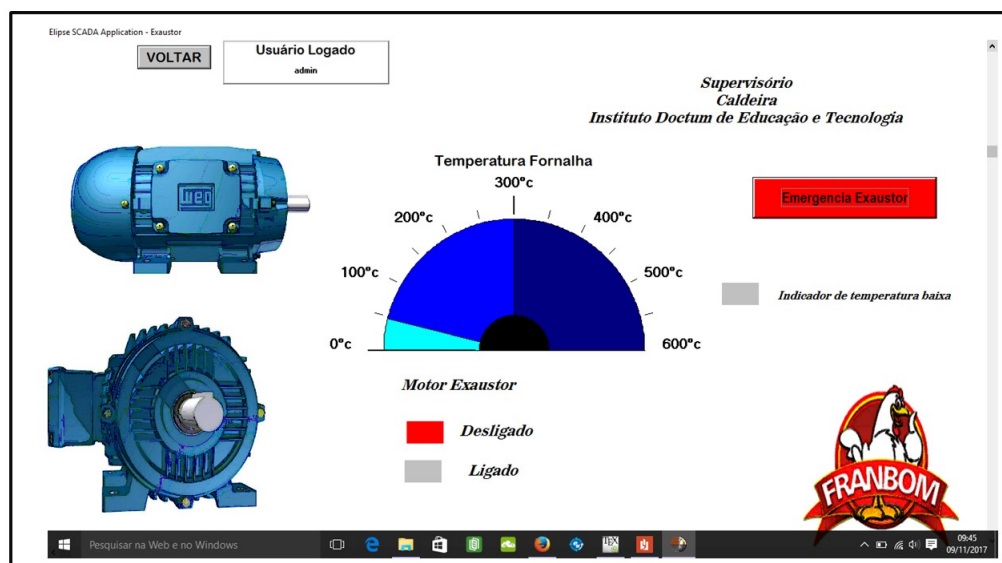


Fonte: Autor (2017)

5.1.2 Exaustor

Nessa tela, figura 28 , o usuário consegue monitorar a temperatura dentro da fornalha através do calibrador e um led indicador de temperatura baixa, consegue também verificar se o exaustor esta ligado além de efetuar manobra de emergência desarmando o mesmo. As configurações das tags foi feita com base no item 4.3.4 seguindo a tabela 1, a logica usada para programação esta representada na tabela 2 relacionado temperatura, mA (miliampere) e valores em decimal, 16 bits, usado na programação do TPW-03.

Figura 28: Tela Exaustor



Fonte: Autor (2017)

Tabela 2: Controle de temperatura

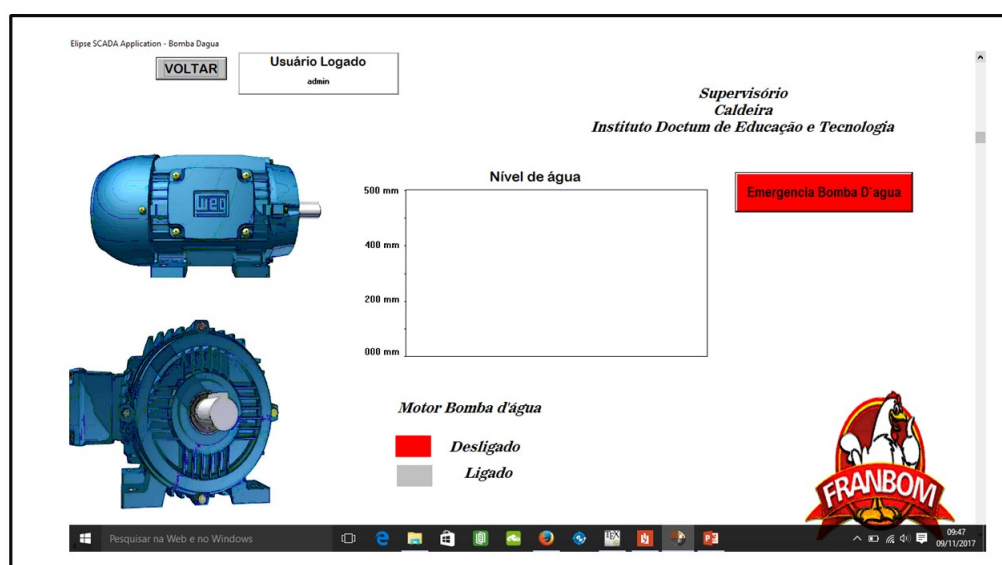
Sensor	Sinal	Decimal	Temperatura (Graus Celsius)	Comentário
TT301	Mínimo 4mA	0	0	Led temp. baixa
	Acionamento 5,33mA	2730,66	50	on\off exaustor
Memória	Médio 12mA	16384	300	
D8438	Máximo 20mA	32768	600	

Fonte: Autor (2017)

5.1.3 Bomba D'água

Seguindo a lógica anterior, nessa tela, figura 29 , o usuário consegue monitorar o nível da caldeira de forma mais precisa, além de verificar se o motor da bomba esta ligado ou não e um botão de emergência para o mesmo. A configuração das tags foi feita com base no item 4.3.3 seguindo a tabela 1, a lógica usada para programação esta representada na tabela 3, relacionado nível, mA (miliampere) e valores em decimal, 16 bits, usado na programação do TPW-03.

Figura 29: Tela Bomba D'água



Fonte: Autor (2017)

Tabela 3: Controle de nível

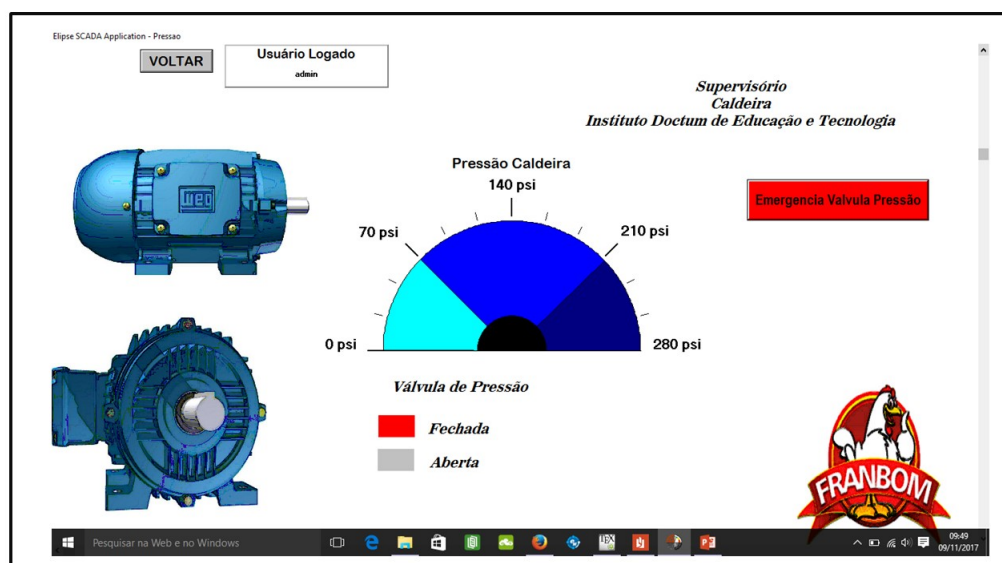
Sensor	Sinal	Decimal	Nível (milímetros)	Comentário
LD301	Mínimo 4mA	0	0	
	Bom 9,33mA	10922,67	200	on/Bomba d'água
Memória	Bom 14,66mA	21845,34	400	off/Bomba d'água
D8436	Máximo 20mA	32768	500	

Fonte: Autor (2017)

5.1.4 Pressão

Seguindo o mesmo raciocínio lógico essa tela ,figura 30, conta com calibrador para monitoramento da pressão e um led indicador de pressão alta, consegue também verificar se a válvula de vapor esta aberta, além de efetuar manobra de emergência fechando a mesma. A configuração das tags foi feita com base no item 4.3.2 seguindo a tabela 1, a logica usada para programação esta representada na tabela 4, relacionado pressão, mA (miliampere) e valores em decimal, 16 bits, usado na programação do TPW-03.

Figura 30: Tela Pressão



Fonte: Autor (2017)

Tabela 4: Controle de pressão

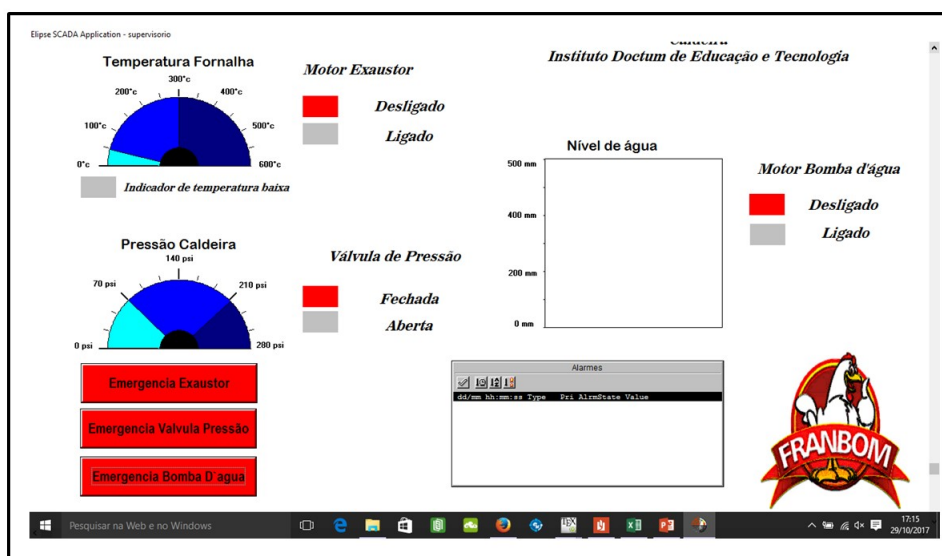
Sensor	Sinal	Decimal	Pressão (PSI)	Comentário
LD290	Mínimo 4ma	0	0	
	De trabalho 8ma	8192	70	Libera vapor
Memória D8437	Médio 12ma	16384	140	
	Médio 16ma	24576	210	Led pres. alta
	Máximo 20ma	32768	280	

Fonte: Autor (2017)

5.1.5 Supervisório

Essa tela consistem em um monitoramento completo da caldeira, contendo todas as funcionalidades anteriormente representada. Ela pode ser vista na figura 31 .

Figura 31: Tela supervisório



Fonte: Autor (2017)

5.2 ELIPSE MODBUS SIMULATOR

A programação foi testada em modo de simulação do PCLink funcionando como planejado; Porém como dispunha apenas do CLP sem a expansão, o monitoramento dos sensores em modo RUN "executar" não foi possível pois não é permitido setar (alterar) valores nas lógicas de comparação, funcionando apenas os botões.

Por esse motivo foi utilizado um programa chamado Elipse Modbus Simulator que tinha a função de simular o CLP e comunicar com a interface criada no Elipse Scada.

A comunicação, Apêndice A, entre o Simulator, figura 33 e o Scada, figura 30 foi satisfatória podendo setar valores em decimais conforme as tabelas no item, 5.1, e ver a reação no supervisório já convertido para °C (temperatura), PSI (pressão), e mm (volume).

6 CONCLUSÃO

Para a implementação de um projeto de controle de uma caldeira ou qualquer outra aplicação, faz-se necessário uma série de estudos iniciais sobre o controle a ser aplicado. Uma forma eficaz para essa implementação é o entendimento do processo, deste modo a visualização das variáveis a ser controlada se torna simples e rápidas.

Além disso é necessário a definição dos tipos de sensores, atuadores e transmissores, uma alternativa é a criação do diagrama de rede, tendo assim uma visão abrangente com o intuito de obter um projeto mais otimizado possível, em vários aspectos como, custo, fácil comunicação e manutenção.

Deve ser observado também todas as partes possíveis de falha de qualquer tipo, podendo assim realizar vários procedimentos, tanto de equipamentos quanto de lógicas aplicadas nos controles, utilizando às vezes inter-travamentos para a segurança da máquina e principalmente das pessoas envolvidas no processo.

O trabalho alcançou os objetivos propostos de maneira satisfatória, e o supervisório desenvolvido mostrou-se confiável, vantajoso e útil para o monitoramento da caldeira industrial, pois melhorou o gerenciamento das informações, controle das funções além do seu fácil manuseio e fácil entendimento das telas gráficas. O interessante que o usuário ainda possui total controle do processo.

O Eclipse Scada, usado neste projeto, tem uma grande vantagem por ser um software que possui as versões para demonstração, isto o torna acessível, para testes tanto para pequenos usuários, que o utilizam de maneira retráida, quanto para os grandes processos nas indústrias. O software apresenta também as funções para o usuário criar a interface de acordo com sua necessidade e sua criatividade.

O Eclipse Modbus Simulator, também mostrou ser muito útil e funcional, principalmente para fins didáticos e para os testes feitos no supervisório, tendo a função de simular um CLP, funcionando com dados analógicos e digitais e comunicação com o SCADA, estabelecida através do serial ethernet (modbus-tcp).

Também foi possível observar com base nos dados analisados, que o fato do sistema se comportar de maneira eficaz, com confiabilidade e flexibilidade, justifica porque estes tipos de sistemas se tornaram uma peça fundamental no bom funcionamento dos processos industriais, gerando aprimoramento e conseqüentemente qualidade na produção. É possível observar ainda que a demanda por esse tipo de software só tende a aumentar ao ponto que os sistemas SCADA se tornem uma ferramenta essencial para todo tipo de controle de processo feito atualmente.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se citar, como possibilidades:

- Criação de um protótipo da caldeira com todos sensores instalados e monitoramento pelo supervisor.
- Criação de uma esteira de alimentação na fornalha, e supervisão pelo sistema Scada deixando assim a planta totalmente automatizada.
- Efetuar testes em laboratório com o uso da expansão TP-02 4AD+ ou similar utilizando as entradas analógicas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NR-13; *Caldeira, vasos de pressão e Tubulação*, 2017. 23 p.
- ALFA INSTRUMENTOS. *Protocolo de Comunicação ModbusRTU/ASCII*, Alfa Instrumentos, 2000.
- BARBOSA, R. *Uma arquitetura para Sistema supervisórios industriais e suas aplicações em processos de elevação artificial de petróleo*. 2005. 71f. Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.
- BEATRIZ; N. *Integração de sistemas scada com a implementação de controle supervisório em clp para sistemas de manufatura*, 2011, 143f. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- CAETANO, L.; ANTONIO, L. *Estudo Comparativo da Queima de Óleo B.P.F. e de Lenha em Caldeiras*. 2004. 2 f. Faculdade. de Engenharia de Ilha Solteira, FEIS, Universidade Estadual Paulista, UNESP.
- COSTA; F. *Desenvolvimento de metodologia de aplicação de redes de petri para automação de sistemas industriais com controladores logicos programáveis (CLP)*.2006, 147f. Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- EQUIPAMENTO INDUSTRIAIS LTDA, SMAR. *Ld290 series: Tranmissores de pressão*, 2013. 22 p.
- EQUIPAMENTO INDUSTRIAIS LTDA, SMAR. *Ld390 series: Tranmissores de pressão*, 2013. 27 p.
- EQUIPAMENTO INDUSTRIAIS LTDA, SMAR. *Tt300 series: Tranmissores de temperatura*, 2014. 14 p.
- ELIPSE SOFTWARE LTDA. *Tutorial*, 2005. 148 p. Disponível em: <<http://www.feng.pucrs.br/filipi/scada/scadatutorial.pdf>>. Acesso em 15/11/2017.
- KW. *Máquinas caldeiras e equipamentos*. Disponível em: <<http://www.kwmaquinas.com.br/produtos/c/26/63/>>. Acesso em 17/11/2017.
- MACHADO, G. *Princípios de automação industrial*. Santa Maria: UFSM. 2012 MCA SISTEMAS.SoluçõesScadaBR. Disponível em: <<http://www.passeidireto.com/arquivo/10831107/apostila-principios-da-automacao-industrial>>. Acesso em 07/10/2017.
- MÁRCIO, C. *Protocolo Modbus: Fundamentos e Aplicações*, 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em 15/11/2017.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. *O protocolo Modbus em detalhes*, 2014. Dispo-

nível em:<<http://www.ni.com/white-paper/52134/pt/>>. Acesso em 10/10/2017.

ORLANDO; V. *Protocolos de comunicação para automação de sistemas de energia*. 2012, 108f. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SERBEL. *O que é óleo BPF?*. Serviços e beneficiamento de óleos. Disponível em: <<http://www.serbeloleos.com.br/meio-ambiente-oleo.htm>>. Acesso em: 10/10/2017.

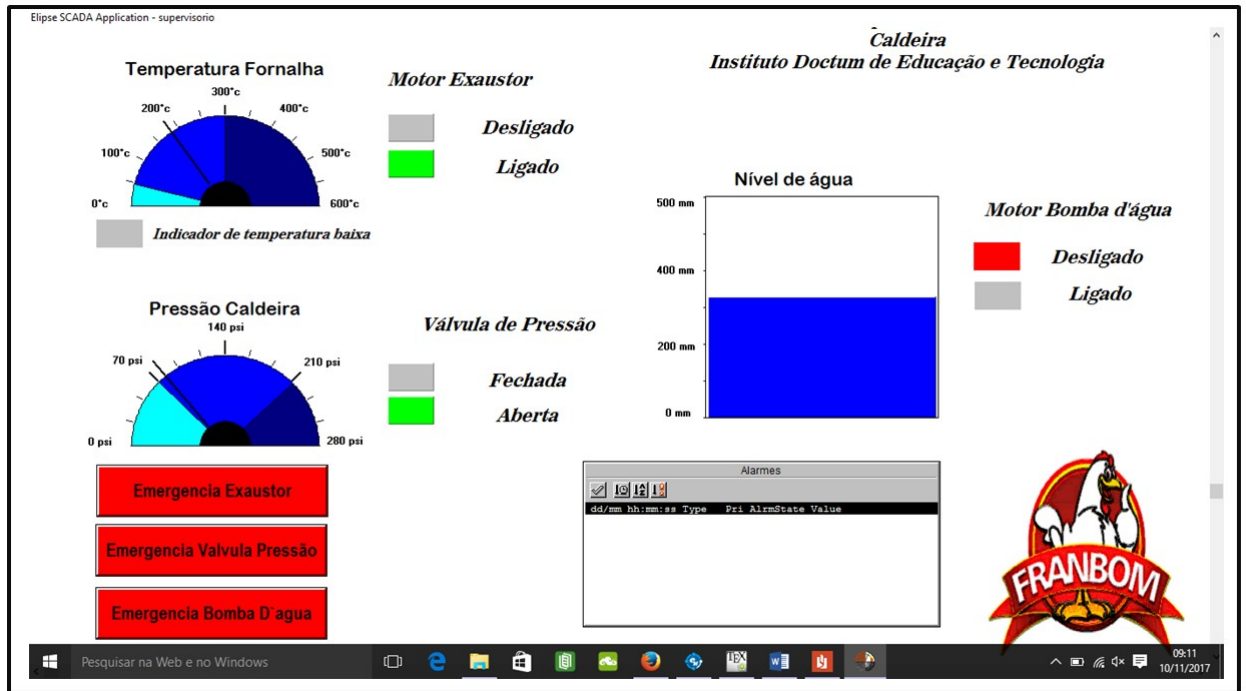
SOFTWARE, ELIPSE. *Manual do Usuário*. 2015. 361 p.

STROBEL. *Caldeiras TM-364 - Máquina térmicas I*. Disponível em: <<http://servidor.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec-NOTURNO/TM364/Material%20de%20Aula/Aula%20de%20caldeiras.pdf>>. Acesso 17/10/2017.

TOPANOTTI, G. *Desenvolvimento de um simulador de operação de caldeira para treinamento de operadores*. 2014. 51f. Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

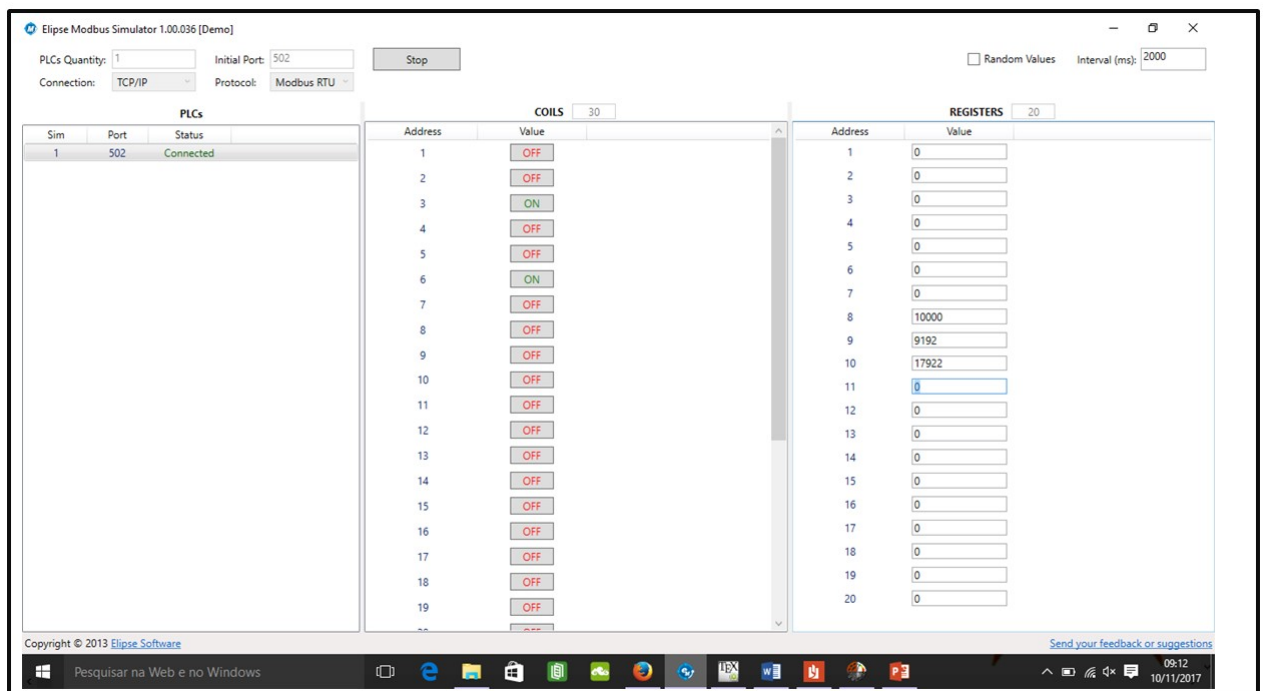
APÊNDICE A COMUNICAÇÃO ENTRE O ELIPSE SCADA E O SIMULADOR

Figura 32: Comunicação supervisiório



Fonte: Autor (2017)

Figura 33: Comunicação simulator



Fonte: Autor (2017)

ANEXO A TERMOS DE AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

Documento assinado pela proprietária do Frigorífico Franbom LTDA autorizando o uso de imagens, observações, questionários na elaboração do projeto.

Figura 34: Termos de autorização de pesquisa

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia
Instituto Tecnológico de Caratinga
Curso de Engenharia Elétrica

Rua João Pinheiro, 168 – Centro – Caratinga/MG Cep: 35300-037
Credenciado Portaria nº 3.977 de 16/12/2004
Reconhecido Portaria nº 826 de 14/04/2011

Caratinga, 05 de Outubro de 2017

Senhor (a);

Por meio desta apresentamos o acadêmico **NATANAEL LOPES CALDAS**, do 10º período do Curso de Engenharia Elétrica, devidamente matriculado (130900033) nesta Instituição de ensino, que está realizando a pesquisa intitulada “AUTOMAÇÃO DE UMA CALDEIRA INDUSTRIAL CBC”. O objetivo do estudo consiste em fazer uma simulação para uma suposta criação de um supervisor para a caldeira que consistem em uma automatização do equipamento controle e monitoramento com a orientação do professor Ricardo Botelho Campos.

Na oportunidade, solicitamos autorização para que realize a pesquisa através da coleta de dados (questionário/entrevista/observação/fotografias).

Queremos informar que o caráter ético desta pesquisa assegura a preservação da identidade das pessoas participantes e segredos inerentes ao processo produtivo da empresa.

Uma das metas para a realização deste estudo é o comprometimento do pesquisador em possibilitar, aos participantes, um retorno dos resultados da pesquisa. Solicitamos ainda a permissão para a divulgação desses resultados e suas respectivas conclusões, em forma de pesquisa, preservando sigilo e ética, conforme termo de consentimento livre que será assinado pelo participante. Esclarecemos que tal autorização é uma pré-condição.

Agradecemos vossa compreensão e colaboração no processo de desenvolvimento deste futuro profissional e da iniciação à pesquisa científica em nossa região. Em caso de dúvida você pode procurar a coordenação do curso pelo telefone: (33) 3322-6217 ou pelo e-mail: joildo.fernandes@doctum.edu.br

Atenciosamente,

Milícia Soares Maria Franco

FRIGORIFICO FRANBOM LTDA

Fonte: Autor (2017)