

**UNIVERSIDADE ALTO VALE DO RIO DO PEIXE – UNIARP
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

GILMAR DEMENEK

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISORIO COM SOFTWARE
LIVRE PARA CALDEIRA DO MODELO
BIOCHAMM BGV 10.000**

**CAÇADOR
2012**

GILMAR DEMENEK

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISORIO COM SOFTWARE
LIVRE PARA CALDEIRA DO MODELO
BIOCHAMM BGV 10.000**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação, ministrado pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP, Campus Caçador, sob orientação do professor Everaldo Cesar de Castro e co orientador professor Alisson Luiz Agusti.

**CAÇADOR
2012**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISORIO COM SOFTWARE
LIVRE PARA CALDEIRA DO MODELO
BIOCHAMM BGV 10.000**

GILMAR DEMENEK

Este trabalho de conclusão de curso foi submetido ao processo de avaliação pela Banca Examinadora para a obtenção do Título de:

Engenheiro de Controle e Automação

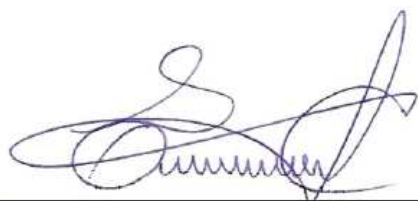
E aprovado na sua versão final em ___/___/___, com nota _____, atendendo as normas da legislação vigente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe e Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação.



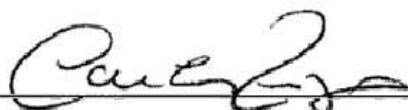
Everaldo Cesar de Castro

Coordenador do curso de Engenharia de Controle e Automação

BANCA EXAMINADORA:



Everaldo Cesar de Castro



Carlos Alberto Zorzo



Alisson Agusti

DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaro, para todos os fins de direito, que assumo total responsabilidade pelo aporte ideológico, não violando nenhum direito de propriedade intelectual, sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos. Neste momento, ficam isentos de responsabilidade a Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, a Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação, a Banca Examinadora, o Professor Orientador e o Professor de TCC, de toda e qualquer responsabilidade acerca do mesmo

Caçador (SC), 18 de dezembro de 2012.



Gilmar De Menek

“Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”

Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a NA como um todo, mostrando uma nova maneira de viver.

Agradeço a Sra. Marilene Silva Demenek e Sr. Omar Rogério Demenek, meus pais pessoas mais que importantes.

A filha amada, Thuany Demenek, razão das minhas lutas e vitórias.

Ao meu irmão Eng^o Agrônomo Sr. Silmar Demenek, incentivador e investidor deste sonho.

Ao proprietário da empresa BioCald consultoria Eng^o Mecânico Sr. Sergio Luiz Sulzbach, apoio e paciência neste período de estudos, incentivador e professor.

Ao meu amigo professor Ecólogo Sr. Alisson Camargo de Souza, companheiro de universidade, muitos quilômetros rodados nestes cinco anos de curso.

Ao professor Eng^o Mecânico Sr. Everaldo Cesar de Castro que acreditou que isso seria possível.

E, a todos que, de alguma maneira contribuíram para realizar este trabalho.

RESUMO

Atualmente os *softwares* livres estão em constante desenvolvimento trazendo vários benefícios para que os mesmos possam ser utilizados na indústria. O custo de implantação de um supervisor pode tornar-se um empecilho para pequenas automações, impulsionada a essa nova demanda de conhecimento que é a utilização de *softwares* livres, este trabalho tem como objetivo implementar, esta tecnologia, em um equipamento significativo na indústria, um gerador de vapor e possibilitar uma compreensão de suas funcionalidades. Em um ambiente inteiramente virtual é confeccionado um sistema supervisor para um gerador de vapor utilizando um *software* livre. Acompanhando todo seu desempenho e *performance* tem o resultado negativo para a caldeira por ser um equipamento que exige uma segurança significativa como é apresentado.

Palavras-chave: software livre, gerador de vapor, supervisórios.

ABSTRACT

Currently free software development are constantly bringing several benefits to which they can be used in industry. The cost of deploying a supervisor can become a hindrance to small automations, this new demand driven knowledge that is the use of free software, this paper aims to implement this technology in a significant equipment in the industry, a steam generator and enable an understanding of their functionality. In a virtual environment is entirely made a supervisory system for a steam generator using free software. Following all its performance and the performance is unsatisfactory result for the boiler to be a safety device which requires a significant as shown.

Keywords: free software, steam generator, supervisory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Caldeira Flamotubular	19
Figura 2 – Caldeira Aquatubular.....	20
Figura 3 – Caldeira Aquatubular fixa vertical.....	21
Figura 4 – Classificação das caldeiras.....	22
Figura 5 – Garrafa de nível com eletrodos	24
Figura 6 – Controle automático de nível	25
Figura 7 – Alimentação de água em caldeira por vapor	25
Figura 8 – Supervisório caldeira aquatubular	29
Figura 9 – Funcionalidades de um sistema de supervisão	31
Figura 10 – Menu principal ScadaBR	34
Figura 11 – Alarmes ScadaBR	36
Figura 12 – Imagem da caldeira	44
Figura 13 – <i>Data source</i> caldeira	45
Figura 14 – <i>Data points</i>	45
Figura 15 – Iniciar ScadaBR	46
Figura 16 – Tela de <i>login</i>	46
Figura 17 – Representação gráfica supervisório caldeira	47
Figura 18 – Esquema de cores dos equipamentos	47
Figura 19 – Indicador de motores.....	48
Figura 20 – Indicador de válvula	48
Figura 21 – Indicador de níveis.....	49
Figura 22 – Indicador de bombas	49
Figura 23 – Alarmes.....	50
Figura 24 – Lista de observação ou <i>watch list</i>	51

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Teste supervisório com uma variável, telas utilizadas	53
Tabela 2 – Teste supervisório com uma variável e alarme crítico	53
Tabela 3 – Teste supervisório com quatro variáveis e alarmes	53
Tabela 4 – Teste supervisório com 22 variáveis e 10 alarmes.	54
Tabela 5 – Teste supervisório com 22 variáveis e 10 alarmes	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API – Interface de Programação de Aplicativo
ASCII – American Standard Code for Information Interchange
CLP – Controlador Lógico Programável
DNP – *Distributed Network Protocol*
GB – *Giga Bits*
HD – *Hard Disk*
IEC – Comissão Internacional de Eletrotécnica
IHM - Interface Homem Máquina
IP – *Index of Protection*
NA – Narcóticos Anônimos
NR – Norma Regulamentadora
NR-13 – Norma Regulamentadora 13 do Ministério do Trabalho operação de vasos de pressão e caldeiras
PC – *Personal Computer*
PID – Proporcional Integral Derivativa
PHP – *Personal Home Page*
RAM – Memória de Acesso Aleatório
RS – *Recommended Standard*
RTU – *Remote Terminal Unit*
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition
SOAP – Protocolo Simples de Acesso a Objetos
TCP – *Transmission Control Protocol*
UNIARP – Universidade Alto Vale do Rio do Peixe

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA.....	13
1.2 PROBLEMA.....	13
1.3 PRESSUPOSTO	14
1.4 JUSTIFICATIVA	14
1.5 OBJETIVOS	15
1.5.1 Objetivo Geral	15
1.5.2 Objetivos Específicos	15
1.6 MÉTODO.....	16
2 CALDEIRA	17
2.1 PRINCIPAIS COMPONENTES	17
2.2 TIPOS DE CALDEIRAS.....	18
2.2.1 Caldeiras Flamotubulares	19
2.2.2 Caldeiras Aquatubulares	20
2.3 CLASSIFICAÇÃO	22
2.5 DISPOSITIVOS DE CONTROLE E SEGURANÇA	22
2.5.1 Controle de Nível de Água	23
2.5.2 Controle da Pressão	26
2.5.3 Tipos de Transmissores de Pressão	26
2.4.3 Válvulas de Segurança	26
2.4.4 Tiragem	27
2.4.5 Relação Ar Combustível	27
3 SISTEMA SCADA	29
4 SCADABR	33
4.1.1 Data Sources	34
4.1.2 Data Points	35
4.1.3 Watch List	35
4.1 Protocolos de Comunicação.....	37
5 METODOLOGIA	39
5.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS DA EMPRESA COM RELAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO DA CALDEIRA.....	39
5.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE SUPERVISÃO	40
5.3 CONSTRUÇÃO DAS TELAS DE SUPERVISÃO	40
5.4 SIMULAR E TESTAR VIRTUALMENTE O SISTEMA DESENVOLVIDO	41
6 ESTUDO DE CASO	42
6.1 DEFINIR AS VARIÁVEIS DE SUPERVISÃO	42
6.2 CONSTRUIR AS TELAS DE SUPERVISÃO	43
6.2.1 Instalando sistema ScadaBR em ambiente Windows®	44
6.2.2 Criando os <i>Data Source</i> e <i>Data Point</i>	44
6.2.3 Sistema Supervisório da Caldeira	46
6.2.4 Tela de Usuário e Senha	46
6.2.5 Tela principal	47
6.2.6 Equipamentos	47
6.2.7 Motores	48

6.2.8 Válvulas	48
6.2.9 Níveis	48
6.2.10 Bombas	49
6.2.11 Sistema de Alarmes	49
6.2.12 Lista de observação	50
7 RESULTADOS	52
7.1 DESEMPENHO DO SUPERVISÓRIO	52
8 CONCLUSÃO	57
9 REFERÊNCIAS	59
APÊNDICES	60
APÊNDICES A – LISTA DE VERIFICAÇÃO DA EMPRESA	61
APÊNDICES B – CARACTERÍSTICAS DA CALDEIRA	62
APÊNDICES C – CLASSIFICAÇÃO DAS TELAS	63
APÊNDICES D – TELA DE RELATÓRIO	64
APÊNDICES E – TELA DE USUÁRIO	65
APÊNDICES F TELA DE CONTROLE	66
APÊNDICES G TELA DE ALARMES	67
APÊNDICES H VARIÁVEIS DO SUPERVISÓRIO	68
APÊNDICES I – LISTA DE VERIFICAÇÃO DA EMPRESA	69
APÊNDICES J – CARACTERÍSTICAS DA CALDEIRA	70
APÊNDICES K VARIÁVEIS DO SUPERVISÓRIO	71
APÊNDICES L – CLASSIFICAÇÃO DAS TELAS	72
APÊNDICES M – TELA DE RELATÓRIO	73
APÊNDICES N – TELA DE USUÁRIO	73
APÊNDICES O TELA DE CONTROLE	75
APÊNDICES P TELA DE ALARMES	76

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço sistemático para segurança e o melhor desempenho das máquinas e equipamentos industriais vêm, multiplicando-se os estudos para suprir tal demanda de qualidade e desempenho. O engenheiro de controle e automação tem papel fundamental para evolução operacional e segura, melhorando e aperfeiçoando, com tecnologias inovadoras ou simplesmente adaptando recursos para o melhor desempenho de equipamentos que estão no mercado por longas datas.

No caso dos geradores de vapor (caldeiras), equipamento de importância histórica na evolução industrial, e de uso contínuo até a atualidade, tem-se adaptado às normas e recomendações trabalhistas para evitar danos ao operador e outros, sem perder o desempenho funcional e com o máximo de aproveitamento de produção. Não é só neste caso que se torna útil efetuar adaptações, mas a melhoria na queima de combustível, o melhor aproveitamento de troca térmica, evitando poluir o ambiente.

Para a contínua evolução, a proposta deste trabalho é de criar um sistema supervisor utilizando *software* livre SCADABR®, através do qual obter as informações do funcionamento do equipamento, objetivando ter um sistema de baixo custo e com funcionalidades iguais ao *software* proprietário, dispondo de aquisição de dados, tais como: relatórios, vazão, pressão, temperatura, usuários e controles, dentre outros.

TEMA

Criar um sistema supervisor utilizando *software* livre para caldeira Biochamm BGV 10 000 da empresa Esplanada Madeiras¹.

1.2 PROBLEMA

O monitoramento de uma caldeira utilizando *software* proprietário torna-se caro, justificado pela aquisição de licença de programação e licença na utilização sendo

¹ Nome Fictício, a empresa não pode ser revelada por problemas legais.

inviável para indústrias de pequeno porte, adquirir o *software* de monitoramento da automação de uma caldeira.

Atualmente, o monitoramento de caldeiras é feito por *softwares* proprietários e com utilização de (*drives*)² de comunicação combinados com Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), onde os mesmos tem alto valor financeiro, inviabilizando a aplicação no processo.

Nesse complexo, surge a necessidade de fazer o monitoramento para a melhoria na produção de vapor, facilitando o controle do equipamento com um custo reduzido, sem necessidade de aquisição da licença de *softwares* caros, não se atrelando a tecnologia de apenas um fabricante.

É possível desenvolver um sistema supervisório para caldeira da empresa Esplanada Madeiras sem investir com *Software* proprietário?

1.3 PRESSUPOSTO

Uma alternativa é o uso de *software* livre – ScadaBR®.

1.4 JUSTIFICATIVA

O sistema de supervisão em caldeiras tornou-se artigo de extrema necessidade, mas traz certa dificuldade pelo fato de que o custo de implantação da tecnologia do *software* proprietário e o desenvolvimento é determinado pela necessidade de aquisição de dados referentes ao funcionamento.

Fica, então, a critério do utilizador, com o auxílio do desenvolvedor do *software*, personalizar o de acordo com as necessidades do equipamento, tornando o supervisório mais funcional e objetivo, constatando maior confiabilidade no processo. Assim, todo o controle do *software* torna-se disponível ao comprador, podendo, o mesmo ser utilizado em uma planta idêntica sem a necessidade de comprar o *software* novamente.

² O termo driver é utilizado para denominar a interface de comunicação entre as estações de operação e os controladores (QUEIROZ, web).

Nos processos industriais, buscando uma plataforma dinâmica capaz de integrar, de forma simples, outros sistemas, como, o *hardware*, os CLP's, os sensores, os transdutores, os atuadores facilitando a manutenção e agilidade. Com um *software* robusto, com a característica principal de ser moldado, dependendo das variáveis. Utilizando um sistema modular, multiusuário, robusto, estável e seguro, tem se uma confiabilidade melhor do processo.

O software ScadaBR®, proposto neste estudo proporcionará uma interatividade entre os vários dispositivos de controle (sensores, atuadores, entre outros), a um custo menor para que pequenas empresas possam fazer uso da tecnologia em benefício da sua produção.

1.5 OBJETIVOS

Desenvolver estudo sobre a utilização de *software* livre e de código aberto no modelo SCADA em tempo real para a supervisão de um equipamento gerador de vapor da marca BIOCHAMM®, especificamente o modelo BGV 10.000.

1.5.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de supervisório para caldeira da empresa Esplanada Madeiras sem investir em Software proprietário.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a) Efetuar revisão bibliográfica sobre caldeiras;
- b) Efetuar revisão bibliográfica sobre sistemas SCADA;
- c) Desenvolver sistema supervisório para caldeira da empresa Esplanada Madeiras;
- d) Apresentar os resultados obtidos;

1.6 MÉTODO

- a) Levantar os dados da empresa com relação à utilização da caldeira;
- b) Definir as variáveis de Supervisão;
- c) Construir as telas de supervisão;
- d) Simular e testar virtualmente o sistema desenvolvido.

2 CALDEIRA

Para a realização desse trabalho, efetuou-se a compreensão do equipamento gerador de vapor (caldeira) de uma forma geral explanando-se o funcionamento de seus principais acessórios, os cuidados e a sua segurança na operação.

Caldeira é, basicamente, um equipamento térmico utilizado para o aquecimento de um fluido vaporizante (geralmente água), destinado a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, a partir de qualquer fonte de energia (MARTINELLI, 1998).

A caldeira tem um local específico para o combustível ou unidade de fonte calorífica e um local onde se encontra o fluido vaporizante, no caso água, e um reservatório de vapor (vaso sob pressão). Quanto à utilização o vapor pode ser ou saturado ou superaquecido, dependendo da aplicação. Cada unidade geradora de vapor tem suas particularidades, mas a princípio o funcionamento é o mesmo.

Conforme Bazzo (1995) ocorre a maior parcela de aquecimento de água na câmara de combustão, onde predomina a troca térmica por radiação. Aproximadamente 10% das colunas d'água se encontram dentro da fornalha, a qual consome 50% da energia da combustão por radiação. Nas partes posteriores os gases fornecem calor por radiação e convecção gasosa.

A utilização do vapor produzido em uma caldeira pode ser destinada a diversas atividades, dependendo do tipo de indústria: indústria de bebidas, laticínios, química, têxtil, de vulcanização e de recauchutagem, de petróleo e derivados, metalúrgica, madeiras, curtumes e frigoríficos, geração de energia elétrica, hospitais, indústrias de refeições e hotéis, em lavanderias, cozinha e conforto térmico (MARTINELLI, 1998).

2.1 PRINCIPAIS COMPONENTES

Segundo Pera (1966), as caldeiras são compostas basicamente pelas seguintes partes.

O aquecedor de ar tem aproveitamento do calor dos gases da combustão antes de chegar à fornalha, com temperatura de 120 °C e 300 °C, variando conforme o combustível (MARTINELLI, 1998).

A Caldeira é onde ocorre à mudança da fase da água do estado líquido para gasoso, capta água das paredes tubulares existentes na fornalha, que devido à diferença de densidade, circula e sobe à parte superior do tambor, onde o vapor é acumulado sendo encaminhado para o superaquecedor (BAZZO, 1995).

A chaminé componente que realiza a tiragem dos gases resultantes da queima do combustível, lançando-os na atmosfera, lançamento que pode se dar de modo natural ou forçado. Natural, pela diferença de temperatura dos gases entre a fornalha e o topo da chaminé (através correntes de convecção). Forçado, quando induzidos por ventiladores instalados na entrada da fornalha ou por exaustores na saída da chaminé (PERA, 1966).

O economizador tem a função de aquecer a água de alimentação e aumentar o rendimento da unidade, evitando o choque térmico com a água já existente no tambor, esse aquecimento ocorre em uma troca térmica com o superaquecedor (MARTINELLI, 1998).

A fornalha é o local onde acontece a queima de algum tipo de combustível, podendo ser sólido, líquido ou gasoso. Constitui-se de um recinto fechado e isolado termicamente do meio externo, converte energia química em energia térmica. As temperaturas podem variar de 900 °C a 1.400 °C, podendo variar em queima por suspensão, queima em grelhado ou queima em leito fluidizado (PERA, 1966).

O superaquecedor é tubos destinados a aumentar a temperatura do vapor por convecção e radiação. Assim tem-se vapor superaquecido onde não há presença de água em suspensão, utilizado para turbinas geradoras de força motriz (BAZZO, 1995).

2.2 TIPOS DE CALDEIRAS

Existem caldeiras fogotubulares, aquotubulares, mistas e elétricas. E podem variar de acordo com o tipo de combustível sendo, sólidos, líquidos e a gás. Categorias de pressão capacidade de produção de vapor e forma construtiva vertical e horizontal. Existem varias formas e modelos, mas neste trabalho será apresentado as caldeiras fogotubulas e as aquatubulas de uma forma resumida para o melhor entendimento de seu funcionamento e como são classificadas pela pressão de trabalho e equipamentos de segurança.

2.2.1 Caldeiras Flamotubulares

Caldeiras flamotubulares também conhecidas como fogotubulares ou fumostubulares são caracterizadas pela sua forma construtiva, onde a água circula ao redor de um conjunto de tubos, montadas entre espelhos. Os fumos da queima atravessam o interior dos tubos, em dois ou mais passes em direção da chaminé, havendo assim a troca térmica com a água. A figura 1 é apresentada uma caldeira fogotubular, combustível líquido.

A junção dos tubos com o espelho é feita por solda em uma das extremidades e a outra por expansão (mandrilagem). O espelho é soldado no corpo cilíndrico da caldeira (MARTINELLI, 1998).

A quantidade de água sempre deve ficar acima da tubulação, servindo como refrigerante, aproveitando o rendimento térmico e prevenindo problemas com uma eventual falta de água, garantido a segurança.

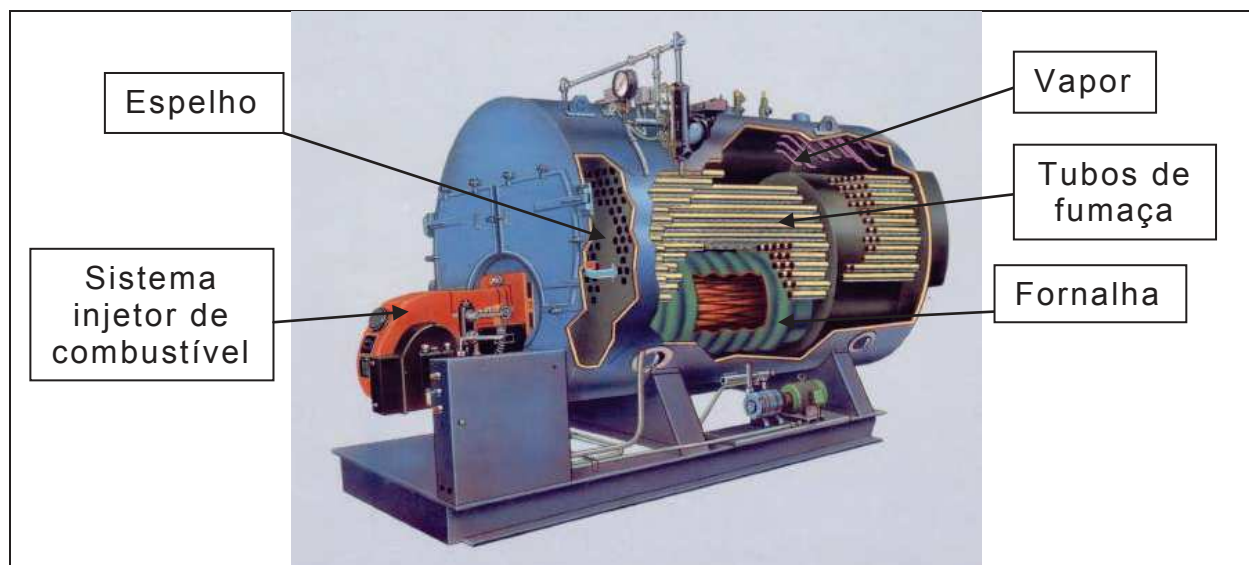


Figura 1 - Caldeira Flamotubular

Fonte: (MARTINELLI, 1998 Adaptada).

A fornalha pode ser montada externa ou internamente. As caldeiras que têm fornalha interna possuem um rendimento maior de troca térmica, e podem utilizar combustíveis a óleo, gás natural e em algumas adaptações pode se usar lenha. Essas caldeiras apresentam um rendimento de 84% de troca térmica, que limita-se em pressões elevadas e produção de vapor. São caldeiras com pressões e produção de vapor limitadas pela ordem de 15 kgf/cm² e 15.000 kgv/h, com valores maiores é

necessário uma caldeira flamotubular com dimensões exageradas, sendo assim mais adequado o uso de caldeiras aquotubulares (MARTINELLI, 1998).

As caldeiras flamotubulares em sua maioria são construídas de forma horizontal com fornalha interna, pois construções verticais têm aplicação restrita quando o espaço é reduzido e apresentam baixa produção de vapor. As caldeiras de fornalha externa, também conhecidas como multitubular ou caldeiras mistas, a fornalha é totalmente envolvida por paredes d' água, características das caldeiras aquotubulares, utilizadas com combustíveis sólidos, lenha, bio massa é considerada mista por ter a maior parte de troca térmica em forma de fogotubular boa eficiência e baixa manutenção muito utilizada na indústria (BAZZO, 1995).

2.2.2 Caldeiras Aquatubulares

Conforme Bazzo (1995), caldeiras aquatubulares são construídas com tubos lado a lado formando uma parede d' água. Estas colunas ficam dentro da fornalha, onde ocorre a maior troca térmica. Os feixes tubulares são suportados e localizam-se na parte posterior da caldeira, a troca térmica é por convecção e por radiação gasosa, portanto há plena liberdade de expansão e de contração dos tubos. A figura 2 mostra o esquema dos tubos numa caldeira aquatubular vertical.

É possível visualizar a parede de água na lateral esquerda, feixes tubulares à frente e o tambor separador na superfície onde tem a saída de vapor e a entrada da água, no inferior encontrasse o coletor com a água fria e a saída de lama, que por densidade sobe assim havendo a troca térmica.

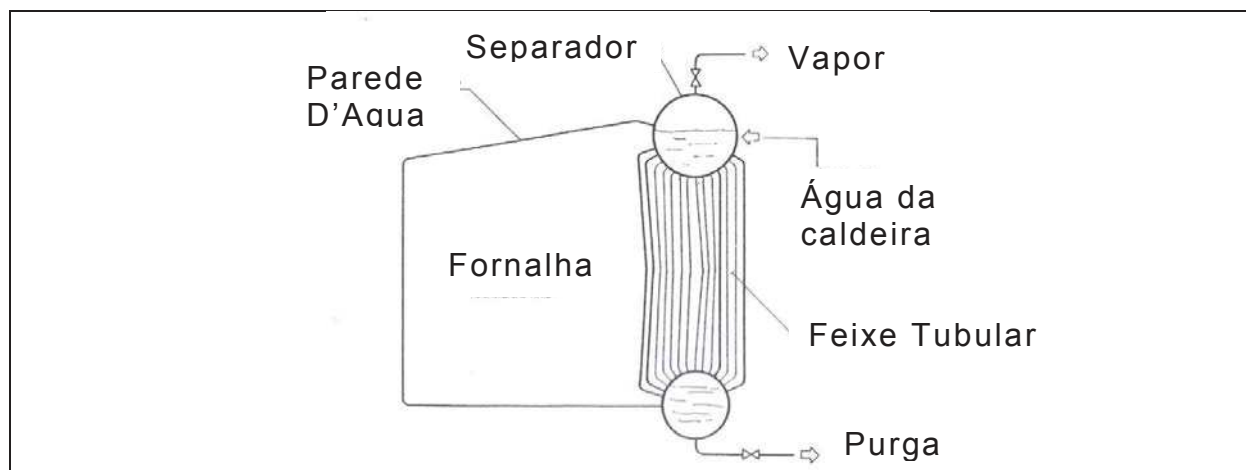


Figura 2 - Caldeira Aquatubular
FONTE: (BAZZO, 1995 Adaptado).

Os tubos são geralmente curvados e montados de modo a permitir maior versatilidade de projeto. Unidos por solda ou por mandrilagem, no tambor, os tubos curvos possibilitam a construção de unidades compactas, com maior capacidade de pressão e produção de vapor (BAZZO, 1995). Tem-se a opção de tubos retos encontrados em caldeiras antigas que devem ser montadas com um ângulo de 4° e 15° graus para favorecer a circulação da água (MARTINELLI, 1998).

Os tambores são instalados em locais protegidos da radiação e, até mesmo, fora das zonas de circulação dos gases de combustão. A opção por um único tambor é comum em unidades de grande pressão (MARTINELLI, 1998).

Os gases da combustão dirigem-se ao fundo da fornalha, retornando em cruzamento os feixes de tubos em segunda passagem e terceira passagem, a caminho da chaminé dependendo do projeto da caldeira. Existem também uma variação na velocidade dos gases que pode ser de 5 e 30 m/s de acordo com o combustível, velocidades menores são recomendados em caldeiras de carvão pulverizado, em proporção de acordo com o teor de cinzas arrastadas pelos gases de combustão. A produção de vapor varia com o tipo de fornalha e combustível, definindo a superfície de aquecimento. Na figura 3 uma caldeira aquatubular vertical exemplifica a passagem de calor com as setas vermelhas e o ar do primário em setas azuis (MARTINELLI, 1998).

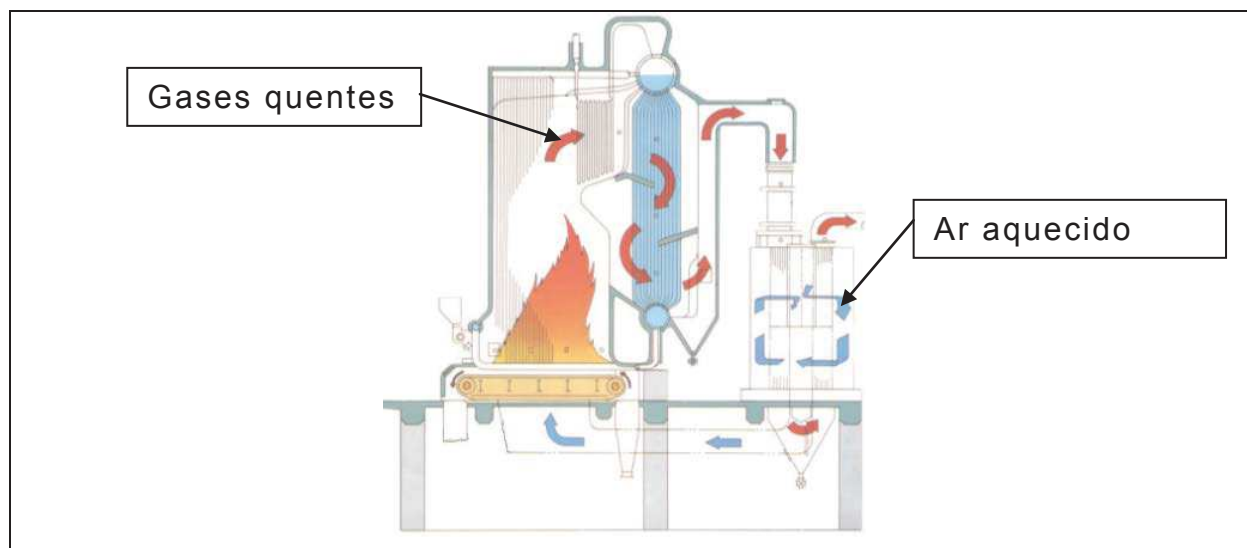


Figura 3 - Caldeira Aquatubular fixa vertical

Fonte: (MARTINELLI, 1998 Adaptada).

A utilização de caldeiras aquatubulares tem uma variedade de aplicação. Pera (1966, p. 186), afirma que caldeiras aquatubulares são “[...]usadas para caldeiras de recuperação e aplicações marítimas em centrais térmicas onde trabalham com

elevadas pressões e alta produção de vapor”. As caldeiras aquotubulares são utilizadas para obter elevadas pressões e produções de vapor alto (BAZZO, 1995).

2.3 CLASSIFICAÇÃO

A NR 13, (2006, p. 25), classificou as caldeiras, quanto às classes de pressão, em:

- a) categoria A: são aquelas que apresentam pressão de operação igual ou superior a 1.960 KPa (19,98 Kgf.cm²);
- b) categoria B: são aquelas cuja pressão de operação é maior que 588 KPa (5,99 Kgf.cm²) e menor que 1.960 KPa (19,98 Kgf.cm²);
- c) categoria C: são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 KPa (5,99 Kgf.cm²) e o volume interno é igual ou inferior a 100 litros.

A figura 4 demonstra a classificação das caldeiras quanto às classes de pressão, segundo o NR13.

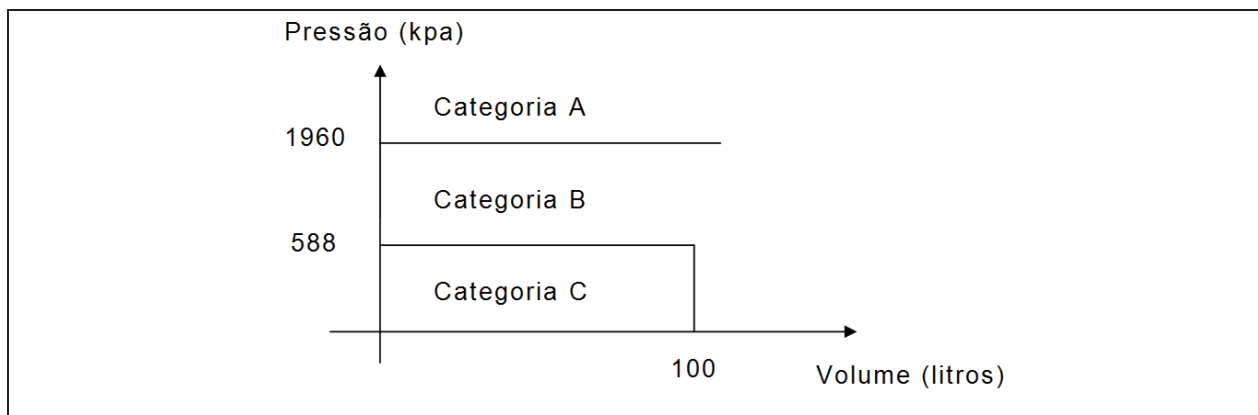


Figura 4 – Classificação das caldeiras

Fonte: (NR13, 2008, p.25)

2.5 DISPOSITIVOS DE CONTROLE E SEGURANÇA

No processo de geração de vapor existem variáveis que devem ser mensuradas para se obter o controle do sistema de automação que captam as alterações nas grandezas físicas relacionadas à medida, os instrumentos de medição, normalmente, é composto por sensor, transdutor e transmissor. Os indicadores que não transmitem

sinais são utilizados somente para leitura visual, as variáveis de um sistema de geração de vapor são pressão, vazão, nível e temperatura (BAZZO, 1995).

Segundo Esteves; Rodriguez; Maciel (2003, p.43):

As duas variáveis mais importantes a serem controladas são pressão de vapor e nível de água. A pressão de vapor deve ser mantida numa faixa de variação estreita, pois este vapor é normalmente utilizado em equipamentos complexos e que devem operar com grande estabilidade, como é o caso das turbinas. Esta pressão é controlada, variando-se as vazões de combustível e de ar de combustão. O nível também deve ser controlado numa faixa estreita, pois tanto nível alto como nível baixo são danosos à caldeira - nível alto acarretará arraste de água no vapor e nível baixo poderá deixar os tubos sem água, levando os à fusão.

Levando em consideração que os instrumentos devem ser mantidos calibrados e com perfeito funcionamento como se tem de referencia na NR 13 (2006 p. 25) “Todos os instrumentos e controles que interfiram com a segurança da caldeira deverão ser calibrados periodicamente e serem adequadamente mantidos”.

Concluindo os equipamentos de medição sensor, transdutor, transmissor e indicadores devem ter o perfeito funcionamento para a operação segura de uma caldeira, isento de erros ou falhas.

2.5.1 Controle de Nível de Água

O sistema de controle de água funciona em conjunto com a bomba de alimentação, tendendo a manter o nível de água no tambor principal da caldeira. Os reguladores de níveis podem ser de eletrodos, reguladores pneumáticos, eletrônicos e termohidráulicos (ROMAGNOLI, 2010). Na figura 5 representação de uma garrafa de nível com três eletrodos, válvula do visor superior, válvula do dreno superior, válvula reguladora de nível, torneiras de prova um, coluna de nível e torneira de prova dois. As peças essenciais para o seu funcionamento.

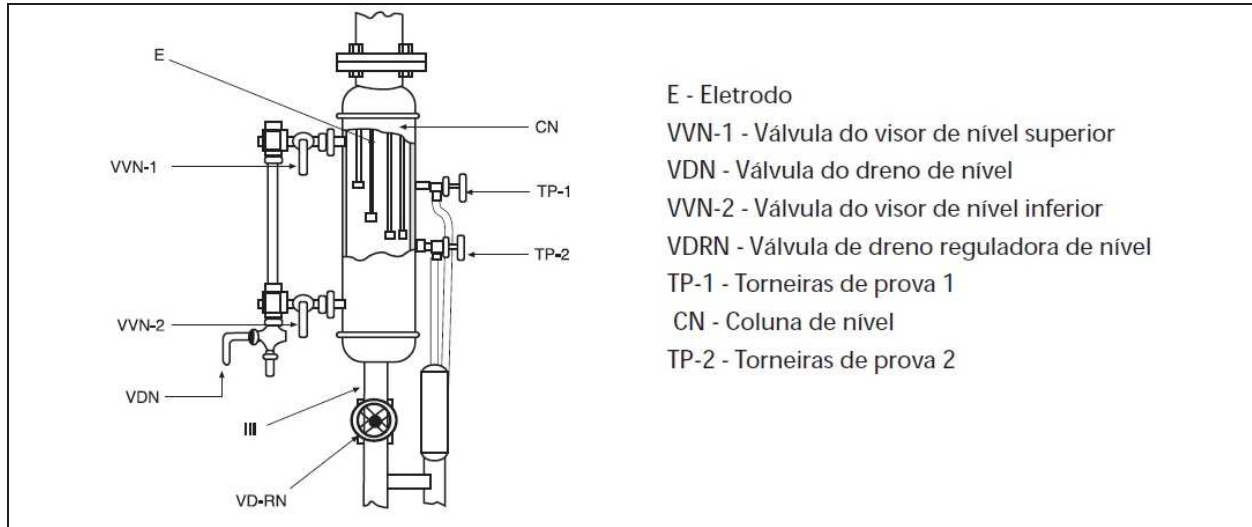


Figura 5 - Garrafa de nível com eletrodos

Fonte: (ROMAGNOLI, 2010).

Este sistema consiste em aproveitar a condutividade elétrica da água, com o auxílio de quatro eletrodos de aço inoxidável. O eletrodo menor comanda o nível superior. O eletrodo médio comanda o nível inferior, no caso de falha o terceiro pode ser programado para acionar o alarme e desligar a caldeira, o quarto eletrodo fecha o circuito elétrico, permitindo a passagem de corrente, necessários para energizar os relés de controle, (BAZZO, 1995). A figura 6 mostra a garrafa de nível ligada em conjunto com a bomba de alimentação e com o auxílio de um quadro de comando. A falha em sistema de controle de água pode ser fatal.

As causas poder ser falhas na bomba de alimentação, vazamentos no sistema, válvulas defeituosas, falhas no automático e no alarme de falta de água, etc. Quando faltar água na Caldeira, a superfície imersa na água fica reduzida. A ação do calor provocará deformações nos tubos, vazamentos, danos no refratário e, no pior dos casos, uma (explosão)³ (MARTINELLI, 1998, p. 41).

Os aparelhos de controle automático de alimentação de água dividem-se em pelo critério de funcionamento em limites (ligado/desligado), modulante (variação linear) e sistema injetores mecânico (ROMAGNOLI, 2010).

³ Em uma Caldeira, que esteja trabalhando à pressão de 10 kg/cm², com 20.000 kg de água no nível de trabalho e uma câmara de 6 m³, o vapor está a 183,2 °C. Demonstra-se que cada 50 kg de água, nestas condições, possuem uma força explosiva equivalente à detonação de 1 kg de pólvora. No exemplo, 400 kg de pólvora (TORREIRA apud MARTINELLI, 1998, p. 41).

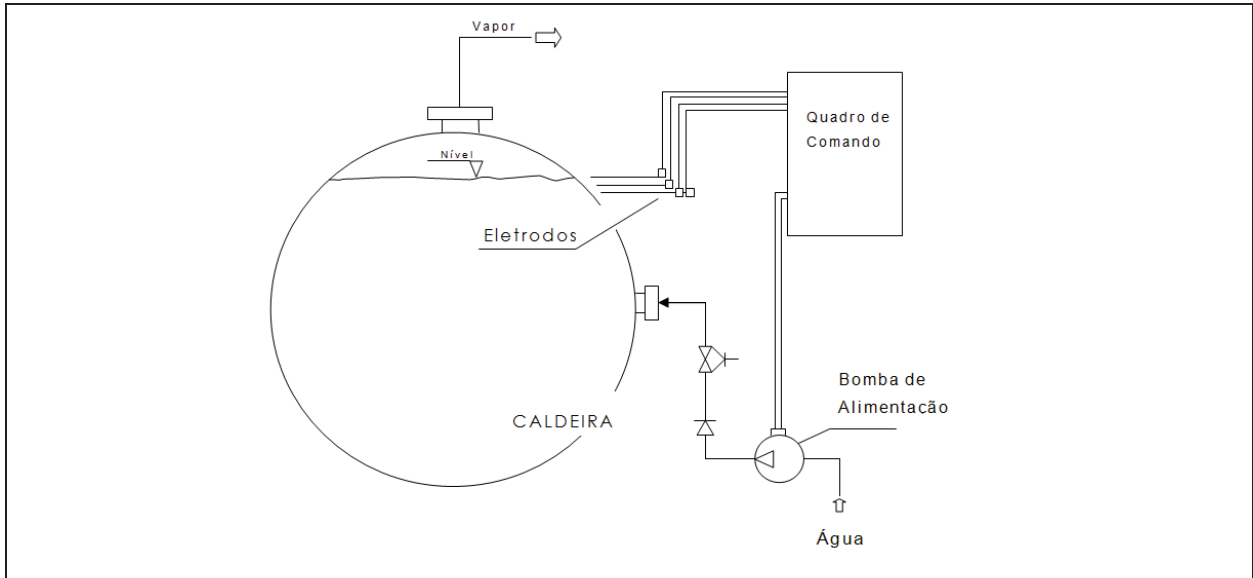


Figura 6 - Controle automático de nível

Fonte: (BAZZO 1995).

Também pode ser feito o procedimento de ajuste de nível da água da caldeira com o auxílio de injetores de vapor, seu funcionamento é baseado no escoamento de vapor, através de uma série de tuberias⁴. O vapor succiona água para o interior da caldeira, utilizado como item de segurança para muitas caldeiras em caso de falha da bomba de alimentação (BAZZO, 1995). A figura 7 representa o sistema.

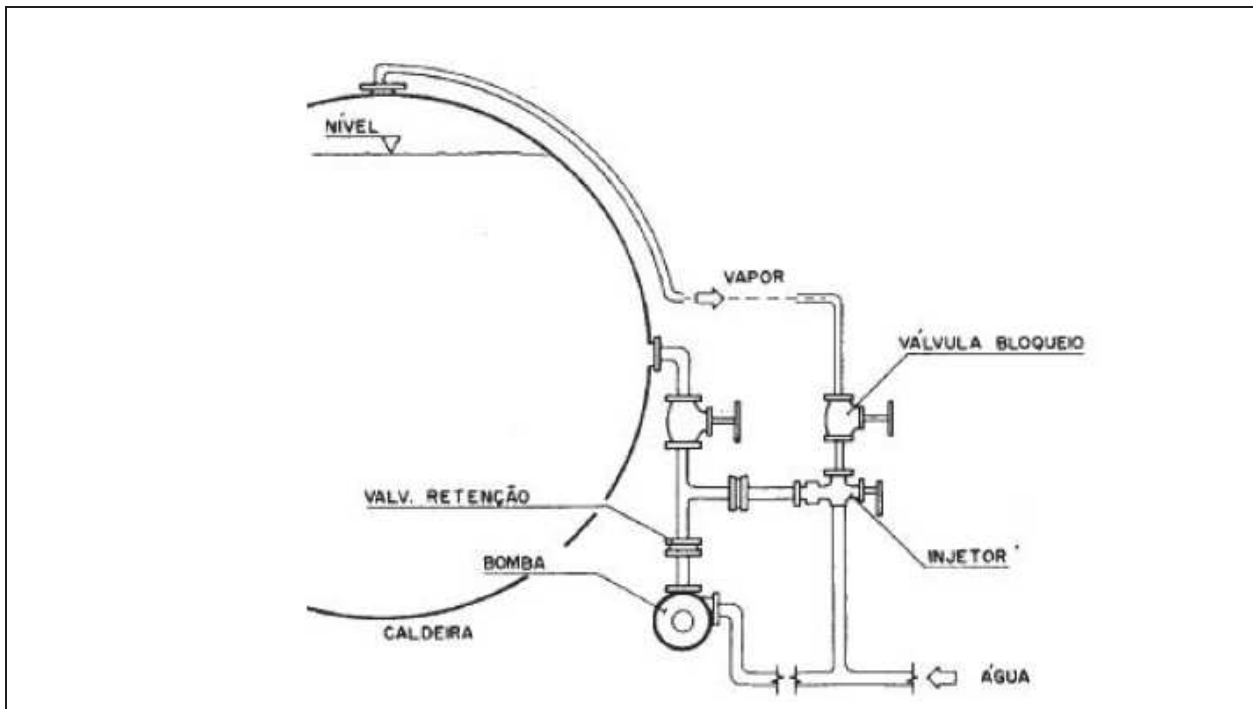


Figura 7 - Alimentação de água em caldeira por vapor

Fonte:(BAZZO,1995).

⁴ Uma tubeira, também chamada de bocal é um dispositivo que converte a energia termodinâmica de um fluido (em forma térmica e de pressão) em energia cinética.

2.5.2 Controle da Pressão

A visualização da pressão em uma caldeira é obrigatório, não só sob o ponto de vista de segurança como também para uma operação econômica.

“Cada caldeira tem uma capacidade de pressão determinada, que, por norma deve ter um instrumento de indicação extremamente visível, com escala também extremamente visível, e situar-se em local de fácil observação do operador” (ROMAGNOLI, 2010, p. 2).

A pressão máxima da caldeira deverá estar marcada sobre a escala do manômetro. A caldeira conhecida como ON/OFF ou Liga/Desliga, funciona da seguinte forma, segundo Martinelli (1998, p. 45), “os pressostatos e transmissores de pressão de vapor, atuam em conjunto com a alimentação de combustível e a quantidade de oxigênio na fornalha, para manter o nível de pressão desejado pela caldeira”.

2.5.3 Tipos de Transmissores de Pressão

O transmissor eletrônico de pressão os transmissores eletrônicos analógicos são sucessores dos pneumáticos, possui elementos de detecção similares ao pneumático porém utiliza elementos de transferência que convertem o sinal de pressão detectado em sinal elétrico padronizado (ROMAGNOLI, 2010).

2.4.3 Válvulas de Segurança

As válvulas de segurança dispositivos auxiliares em caso de mau funcionamento do sistema de controle de combustível, havendo uma pressão superior de vapor, a pressão máxima de trabalho permitida a válvula entra em ação fazendo com que aumente a vazão de vapor e baixe a pressão nos padrões estabelecidos. Geralmente são colocadas duas válvulas de segurança uma em 6% e outra com 10% da pressão

máxima de trabalho permitida para evitar acidentes e explosão da caldeira (PERA,1966).

2.4.4 Tiragem

Segundo BAZZO, (1995), a movimentação dos gases de combustão é retirada através de ventiladores centrífugos (exaustores) e projetada para a chaminé. De acordo com o tipo de instalação, a câmara de combustão pode operar depressão ou pressão, podendo ser tiragem natural ou forçada.

“A tiragem deve vencer todas as perdas de carga oferecidas pelo circuito garantindo um fluxo contínuo dos gases de combustão pelos canais formados pelo invólucro do gerador, tubulação e chicanos” (PERA, 1966, p. 198).

As caldeiras com tiragem induzidas por exaustores instalados na base da chaminé devem operar sempre em depressão para isso a importância de ter o valor da pressão da fornalha. As unidades com tiragem induzida não garante um controle adequado da pressão interna e uma distribuição regular do ar no interior da câmara de combustão.

O efeito combinado dos exaustores e da chaminé deve ser suficiente para superar as perdas de carga do circuito de gases e, ainda, impor velocidades adequadas para que os gases sejam efetivamente lançados pela chaminé. A pressão no interior da câmara é normalmente negativa, na faixa de -1 a -10 mmH²O (BAZZO, 1998).

2.4.5 Relação Ar Combustível

A relação ar combustível é entre a quantidade de ar e a quantidade de combustível, usadas na reação de combustão. Para combustíveis sólidos e líquidos a relação é entre as massas, para combustíveis gasosos a relação é entre os volumes envolvidos (PERA, 1966).

“Ar teórico é a quantidade de ar atmosférico que fornece a quantidade exata de moléculas de oxigênio necessárias para efetuar a combustão estequiométrica” (MARTINELLI”, 1998, p.112).

A mistura do combustível com o ar aumenta a superfície de contato entre ambos e têm influência decisiva na velocidade de combustão. Quanto mais íntima a união dos elementos, melhor a combustão.

Na prática, sabe-se que é muito difícil obter uma boa combustão apenas com o ar estequiométrico. Se utilizarmos somente o "ar teórico", há grande probabilidade do combustível não queimar totalmente (haverá formação de CO ao invés de CO₂) e conseqüentemente a quantidade de calor liberada será menor. Para se garantir a combustão completa recorre-se a uma quantidade adicional de ar além do estequiométrico, garantindo desse modo que as moléculas de combustível encontrem o número apropriado de moléculas de oxigênio para completar a combustão. Essa quantidade de ar adicional utilizada é chamada de excesso de ar. O excesso de ar é a quantidade de ar fornecida além da teórica(MOURA; GAMA; CARDIM, 2012, p. 35).

O excesso de ar proporciona uma melhor mistura entre o combustível e o oxidante, mas deve ser criteriosamente controlado durante o processo de combustão.

A quantidade ideal mínima possível de excesso a ser introduzida na queima, pois o ar que não participa da combustão tende a esfriar a chama, sem contribuir para a reação. Quanto maior o excesso de ar, maior o volume de gases nos produtos de combustão e conseqüentemente maior a perda de calor pela chaminé, influenciando negativamente na eficiência da combustão (MOURA; GAMA; CARDIM, 1995).

3 SISTEMA SCADA

A utilização de supervisório em caldeiras está em alta expansão. Por se tratar de um equipamento complexo, a tarefa de monitorar, controlar e gerenciar é de grande importância para a produção de diversos setores da indústria. Diferentes sistemas computacionais têm sido desenvolvidas e propostas para esse gerenciamento.

O sistemas que esta sendo utilizado na maioria das industias é o sistema SCADA (Sistema de Controle Supervisão e Aquisição de Dados) (GONÇALVES; SALVADOR, 2005).

Um sistema SCADA é um software que tem por objetivo ilustrar o comportamento de um processo através de figuras, gráficos, ícones e imagens tornando-se assim, uma interface objetiva entre um operador, desviando da linguagem de programação de controle (JESUS apud ESTEVES; RODRIGUEZ; MACIEL, 2003). A figura 8 ilustra um supervisório de uma fabrica de balas no processo de dosagem.

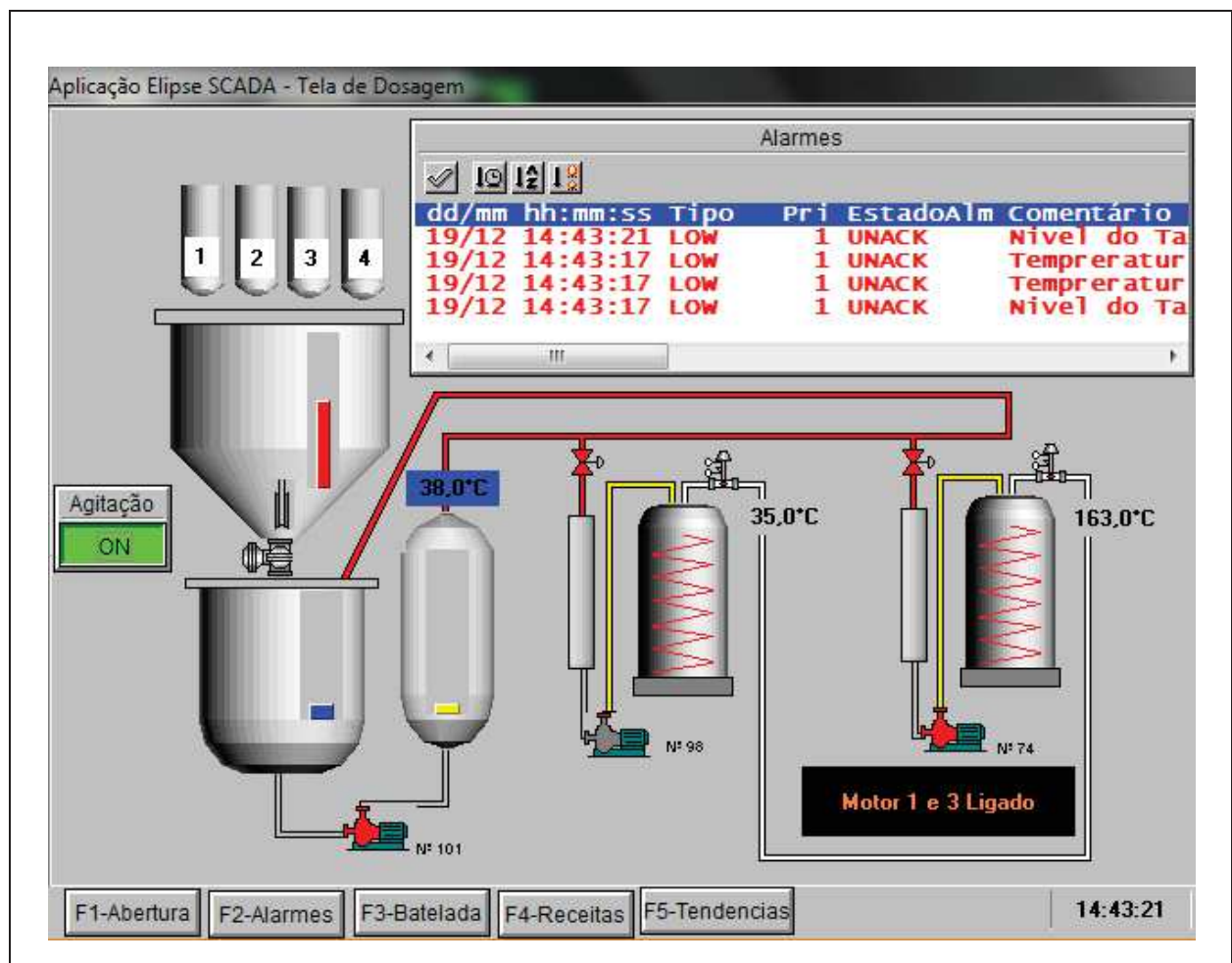


Figura 8 - Supervisório fabrica de balas

Fonte:(Própria).

Ao invés de um simples piscar de lâmpadas (como ocorriam nos painéis de comandos e quadros sinóticos), o operador tem uma melhor interface quando efetivamente visualiza o abrir de uma válvula, o ligamento de um motor, ou outra informação do processo de maneira visual (Esteves; Rodriguez; Maciel, 2003, p.59).

Os sistemas supervisórios têm a características de incorporar a planta de controle em suas representações gráficas, com campos de escrita para alterar algum valor de variável ou com um simples *click* de *mouse* desliga um motor. De mesmo modo, para a demonstração do sistema supervisório, também são utilizados gráficos para comparativo de alguma variável e também os alarmes sonoros ou visual sinalizando quando uma ocorrência negativa do sistema (GONÇALVES; SALVADOR, 2005). Segundo Ogata apud Esteves; Rodriguez; Maciel (2003, p. 62):

O *software* supervisório é visto como o conjunto de programas gerados e configurado no software básico de supervisão, implementando as estratégias de controle e supervisão com telas gráficas de interfaceamento homem-máquina que facilitam a visualização do contexto atual, a aquisição e tratamento de dados do processo e a gerência de relatório e alarmes. Este software deve ter entrada de dados manual, através de teclado. Os dados serão requisitados através de telas com campos pré-formatados que o operador deverá preencher. Estes dados deverão ser autoexplicativos e possuírem limites para as faixas válidas. A entrada dos dados deve ser realizada por telas individuais, sequencialmente, com seleção automática da próxima entrada. Após todos os dados de um grupo serem inseridos, esses poderão ser alterados ou adicionados pelo operador, que será o responsável pela validação das alterações.

Os supervisórios trabalham em conjunto com os sistemas de controle os Controlador lógico programável (CLP's) comunicados através de redes e *driver* de comunicação para o computador, pela sua organização e gerenciamento dos dados. Poderá ser configurado para taxas de varredura diferentes entre CLP's e inclusive entre pontos de um mesmo CLP (GONÇALVES; SALVADOR, 2005).

Os sistemas supervisórios têm suas funcionalidades como pode ser observada na figura 9 a divisão de tarefas na maioria dos softwares SCADA:

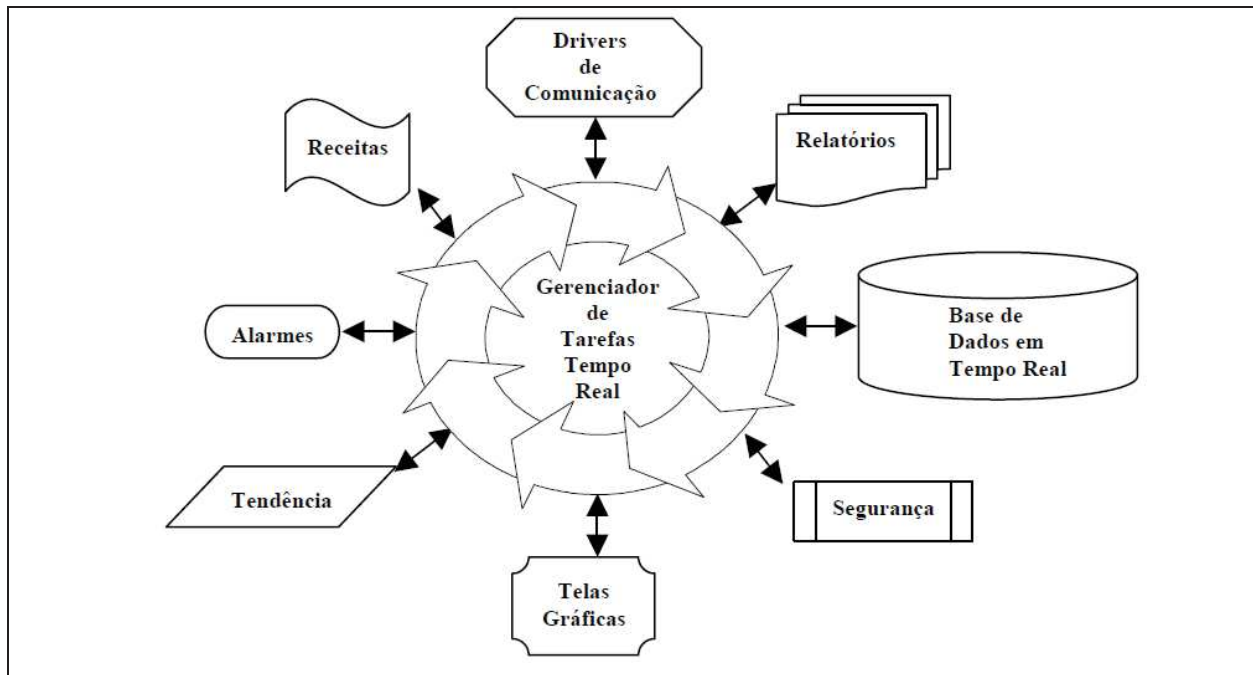


Figura 9 - Funcionalidades de um sistema de supervisão

Fonte:(QUEIROZ, 2012).

Os sistemas SCADA possuem um ambiente integrado de desenvolvimento que possui editor de gráficos, editor para banco de dados, relatórios, receitas e editor de *scripts*. A seguir são descritas as funcionalidades mais implementadas em um software SCADA:

- a) “drives de comunicação o termo utilizado para denominar a interface de comunicação entre as estações de operação e os controladores” (QUEIROZ,2012 , p. 13).
- b) “telas gráficas Os sistemas de supervisão possuem ferramentas para desenvolvimento de telas gráficas que constituirão a interface do sistema com o usuário” (QUEIROZ,2012 , p. 13).
- c) “base de dados em tempo real é um repositório de dados do sistema de supervisão atualizado em tempo real.” (QUEIROZ,2012 , p. 13).
- d) “alarmes a tarefa de alarme será responsável pela sinalização de ocorrências e defeitos nos equipamentos” (QUEIROZ,2012 , p. 13).
- e) “relatórios deverá apresentar a relação de relatórios emitidos pelo sistemas e botões para a comandar geração destes” (QUEIROZ,2012 , p. 13).
- f) “tendência apresentam o comportamento dinâmico de variáveis em períodos definidos pelo usuário” (QUEIROZ,2012 , p. 13).

- g) “receitas é um conjunto de parâmetros pré-definidos do sistema para ser enviado ao CLP. Esta tarefa é de grande utilidade em processos em batelada” (QUEIROZ, 2012 , p. 13).
- h) “segurança deverá ser estabelecida uma estratégia de segurança operativa implementada através de senhas com 2 (dois) níveis de restrição, usuário somente às áreas permitidas, e acesso do usuário somente aos comandos” (QUEIROZ, (QUEIROZ, 2012 , p. 13).

Os dados adquiridos podem ser manipulados de modo a gerar valores para parâmetros de controle como “*set-points*”. Os dados são armazenados em arquivos de dados padronizados, ou apenas utilizados para realização de uma tarefa. Esses dados que foram armazenados em arquivos poderão ser acessados por programas de usuários para realização de cálculos, alteração de parâmetros e de seus próprios valores (ESTEVES; RODRIGUEZ; MACIEL, 2003).

4 SCADABR

O *software* ScadaBR® está completando 5 anos desde a primeira versão, conta com uma história de mais de 10 mil *downloads* é desenvolvido baseada no supervisor SCADA Mango®⁵ em modelo *open-source*, com licença gratuita. Como todo o sistema de código aberto ele pode ser modificado alterado e redistribuído sem restrição. O ScadaBR® é multiplataforma baseado em Java®, podendo rodar em Windows® e Linux® e outros sistemas operacionais e pode ser executado em um servidor de aplicação sendo o Apache Tomcat® a escolha padrão, (SCADABR, 2010).

Conta com várias aplicações industriais segundo informações do site ScadaBr® (2012,): "Com vários casos de uso nas áreas de automação de processos industriais, redes de distribuição (Água & Energia), automação predial e residencial"

Para sua execução o aplicativo pode ser acessado a partir de um navegador de Internet, preferencial o Firefox® ou Google Chrome®. ScadaBR® possui uma interface com visualização das variáveis, gráficos, estatísticas, configurações dos protocolos⁶, alarmes, construção de telas tipo IHM⁷, e uma série de opções de configuração.

É possível montar interfaces de operador *Web* utilizando o próprio navegador de Internet e se necessário personalizar a supervisão pode ser criado aplicativos com qualquer linguagem de programação moderna, a partir do código fonte disponibilizado ou de sua (Interface de Programação de Aplicativos) API⁸ *web-services*⁹ (ScadaBR, 2010).

O ScadaBR® possui os alarmes tipo máximo e mínimo, que são utilizados em medição de níveis. Na versão 0.9.1 pode exportar os dados gerados para arquivos de texto/CSV (pode ser aberta em qualquer editor de planilhas como o Open Office Calc® ou até mesmo o Microsoft® Excel®) (SCADABR, 2010).

As funcionalidades são acessadas pelos controles no cabeçalho, vários ícones serão exibidos na figura 11 é apresentado, quando o cursor do mouse pairar sobre um ícone, será exibido um balão de texto com uma descrição resumida da funcionalidade além dos ícones de controle, no lado direito do cabeçalho é mostrado o nome de

5 Mango® *software* (também conhecido como Controle Industrial, SCADA, IHM).

6 Protocolos de rede é a linguagem usada para a comunicação entre computadores

7 IHM Interface Homem-Máquina.

⁸ API Interface de Programação de Aplicativos é um protocolo, destina-se a ser usado como uma interface de componentes de software para comunicar uns com os outros.

⁹ *Web service* é uma solução utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes.

usuário que está logado no sistema ao clicar ira para a função especifica, para iniciar uma aplicação utiliza-se o *Data Source*, (SCADABR, 2010).

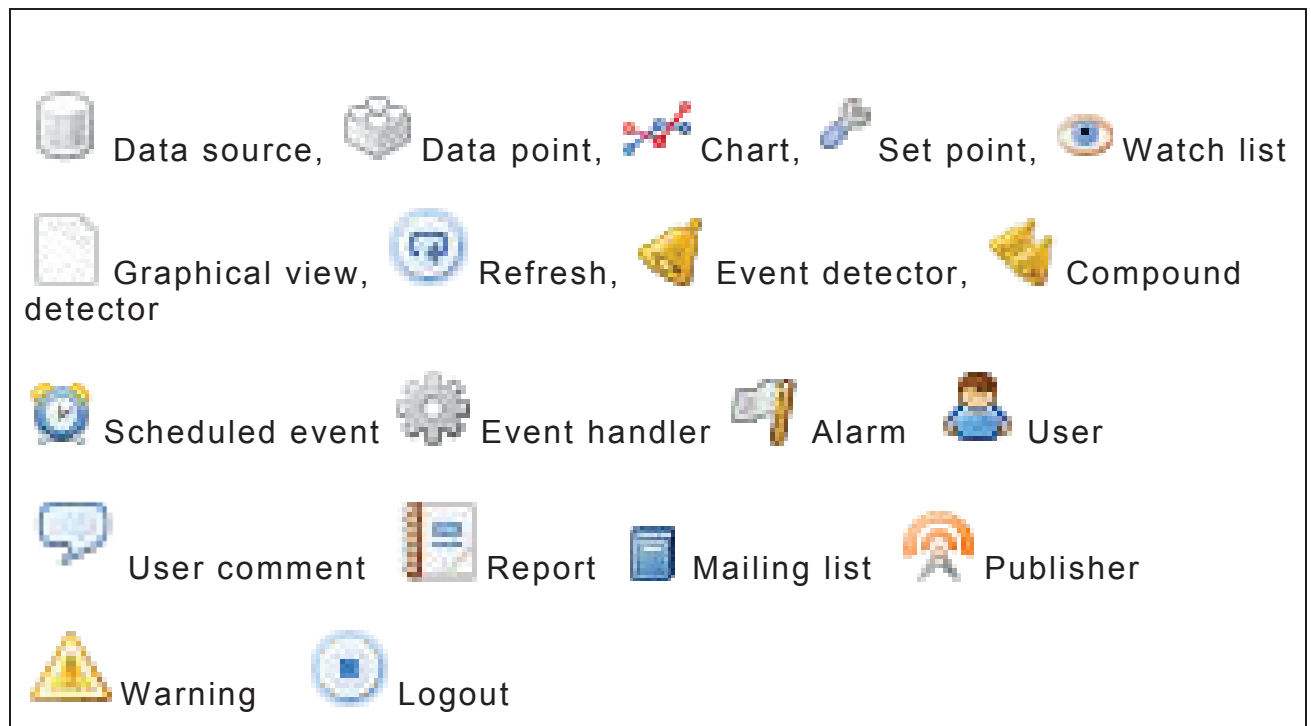


Figura 10 - Menu principal ScadaBR

Fonte: (SCADABR 2010).

4.1.1 *Data sources*

Data sources (fonte de dados) é a parte fundamental para uma aplicação é o local de onde os dados são recebidos podendo ser via rede dependendo do protocolo de comunicação ou *Data Source Virtual* que gera valores aleatórios utilizados para simulações e teste, os tipos de dados podem ser binários ou booleanos podem ter apenas dois estados zero (0) e um (1) e podem usar conversores para exibir os valores binários em quaisquer rótulos de estado como ligado/desligado, etc Estados Múltiplos valores são representados primitivamente como inteiros, mas como nos valores binários é possível atribuir rótulos a cada valor, numéricos ou analógicos são valores decimais representados como um ponto flutuante e podem incorporar sufixos, ponto e vírgula, também é possível converter faixas de valores em rótulos de texto, alfanumérica sequencia de caracteres, imagens são representadas binárias de dados de imagem, que é armazenado em arquivo do servidor *host* e não em banco de dados.(ScadaBR, 2010).

4.1.2 Data points

Data points (ponto de dados) é um ponto particular podendo se dizer que a variável a ser supervisionada ou manipulada. “Ainda pode ser utilizado no ScadaBR® um *point locator*, *locatores* são usados por *data source* para determinar como achar os dados para um ponto particular” (SCADABR, 2010, p. 10). Um *point locator*, para *data source* SQL¹⁰ que armazena atributos incluindo onde achar a instancia da base de dados como o nome de uma tabela e de campos. Um *data point* pode ser usado no sistema como um traçar gráficos e outras particularidades de cada aplicação (SCADABR, 2010). É da mesma forma que uma tag considerada em outros sistemas SCADA.

4.1.3 Watch list

A *Watch list* ou lista de observação na tradução para o português (Brasil) é o lugar principal dentro do ScadaBR é onde se visualiza todos os pontos que estão sendo monitorados lista todas as variáveis, podendo ser criada gráficos, alteração de valores, podendo navegar no sistema. Monitoramento de pontos dentro do sistema pode ser feito de duas maneiras. É possível usar uma watch list para criar listas dinâmicas de pontos com seus valores, últimos tempos de atualização, e gráficos de informações históricas (se a configuração do ponto permitir). Valores e gráficos são atualizados em tempo real sem ter que atualizar a janela do navegador. Gráficos de múltiplos pontos também podem ser exibidos sob demanda. Também é possível criar representações gráficas de pontos usando a funcionalidade drag and drop para posicionar representações gráficas de pontos sobre uma imagem de fundo arbitrária. Imagens animadas podem ser usadas para criar uma visualização altamente dinâmica do comportamento do sistema, valores são representados sem necessitar de atualização do navegador. Essas visualizações podem ser marcadas como "públicas" para que possam ser utilizados em web sites públicos, (SCADABR, 2010). O ScadaBR® tem quatro alarmes ativos sendo, urgentes, críticos e de risco de vida que

10 SQL (Structured Query Language) é a linguagem padrão utilizada para interagir com os principais bancos de dados.

são representados pelas bandeiras como mostra a Figura 12, estas bandeiras ficam ao lado do valor ou nome da variável ou no topo das telas de representação gráfica e lista de verificação onde podem ser acessados. Possui sons, em sua biblioteca, é possível alterar o tipo do som de cada alarme se necessário. (SCADABR, 2010).

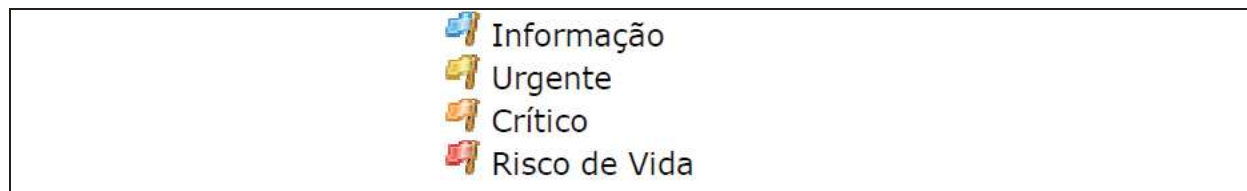


Figura 11 - Alarmes ScadaBR

Fonte: (SCADABR, 2010).

Para gráficos tem uma pequena biblioteca que pode ser achada em suas pastas possui um gerador de relatórios próprio, além de ser compatível com os principais geradores de relatórios customizados. (SCADABR, 2010).

O controle pode ser obtido na tela de gráficos ou na lista de observação onde a variável pode receber novo valor. O controle de sistemas externos pode ser obtido para pontos que podem ser "setados" o ponto setável pode ser "setado" para um valor definido pelo usuário, como uma configuração de um termostato ou de um controle interruptor para um equipamento. Ambas watch lists e graphical views proporcionam meios simples para determinar a entrada de um valor. O point locator para um ponto "setável" determina como o data source define o valor no equipamento externo.

Um tratador de eventos é um comportamento definido pelo usuário que deve ser executado quando um evento particular ocorre, como envio de email ou "setar" o valor a um ponto setável, o evento é a ocorrência de uma condição definida no sistema. Existem tanto eventos definidos pelo sistema como definidos pelo usuário. Eventos definidos pelo sistema incluem erros de operação de data sources, *logins* de usuários, e inicialização e parada do sistema. Eventos definidos pelo usuário incluem detectores de valor, eventos agendados, e eventos compostos que detectam condições sobre pontos múltiplos usando argumentos lógicos. Há também os "eventos autidatos" que ocorrem quando usuários fazem alterações (adições, modificações e remoções) que afetam objetos em tempo de execução, incluindo Data Sources, Data Points, detectores de valor, eventos agendados, eventos compostos e tratadores de eventos. Uma vez que um evento foi detectado, é manipulado por tratadores (SCADABR, 2010).

O ScadaBR® contém uma pequena biblioteca de gráficos que pode ser achada na pasta contém todas as imagens daquela definição de imagem e um arquivo opcional de propriedades chamado info.txt. Este arquivo de propriedades contém pares

nome/valor para os seguintes atributos, O nome que será usado para descrever a imagem na interface de usuário, largura, altura, da imagem tem um padrão que são do mesmo tamanho, a posição de texto relativo ao limite esquerdo e limite superior da imagem, em pixels, quando alterar uma imagem é necessário inicialização do sistema, (SCADABR, 2010).

Para criar scrips no ScadaBR®, utiliza-se o *Meta Data Source*. Ele tem esse nome por sua capacidade de combinar pontos existentes em novos. Ao invés de obter sua informação de uma fonte externa, utiliza valores de outros pontos e permite manipulação de maneiras arbitrárias pelo usuário. Depois de inseridos os *Data Points* e os *Scripts* inserir os *Point Links*, ira fazer a “ligação” entre a saída do *Script* com o *Data Point* em que se quer atuar. Assim, a entrada do *Point Link* é o *Script* e a saída é o *Data Point* desejado.

O ScadaBR atualmente suporta dois sistemas gerenciadores de banco de dados, o arquivo ScadaBR.war vem por padrão configurado com o Derby¹¹ por questões de facilidade para o usuário. (SCADABR, 2010).

4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

ScadaBR comunica se com alguns dos principais protocolos de comunicação utilizados, MODBUS¹² TCP comunicação entre sistemas de supervisão, CLPs e IHMs sobre Ethernet, MODBUS, Unidade Terminal Remota (RTU) comunicação entre sistemas de supervisão, CLPs e IHMs sobre suporte serial RS¹³-232 ou RS-485, *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) não é em si um protocolo, porém diversos equipamentos implementam alguma forma de comunicação baseada neste padrão, MODBUS PLUS proprietário Modicon, DNP (*Distributed Network Protocol*) principal padrão de comunicação no setor elétrico e predominante no mercado americano e brasileiro, Comissão Internacional de Eletrotécnica (IEC). IEC 60870-5-101 é um padrão aberto de protocolo podendo ainda ser desenvolvido inclusão de

11 Derby é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional Java que pode ser embutido em programas Java e usado para processamento de transações online.

12 MODBUS equivale a uma camada de aplicação e pode utilizar o RS-232, RS-485 ou Ethernet como meios físicos,

13 RS - Recommended Standard uma padronização de uma interface comum para comunicação de dados entre equipamentos.

novos protocolos, por meio de uma arquitetura de *plugins* ou através de API especialmente desenhada para este fim (SCADABR, 2010).

5 METODOLOGIA

Para realização desta pesquisa, pretende identificar a empresa e o responsável pela caldeira, definir as variáveis desejáveis para o supervisor, para posteriormente construir as telas específicas para o controle da caldeira e simular virtualmente o seu funcionamento.

5.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS DA EMPRESA COM RELAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO DA CALDEIRA

Para a identificação dos principais parâmetros da caldeira será realizada visita técnica e aplicação de questionário ao responsável, com o auxílio de uma lista de verificações, com dados referentes ao nome da empresa, nome do responsável pela caldeira e à localização da empresa, com consta no apêndice A.

Em um segundo questionário, como o do modelo do apêndice B, relaciona com as informações específicas da caldeira, tais como, por exemplo: fabricante da caldeira, categoria e produção de vapor. Neste mesmo questionário será identificado se a caldeira atende aos requisitos da NR 13 e se está funcionando normalmente ou se possui alguma anomalia, dentre outras informações.

De posse das informações acima, pré-definir em conjunto com o responsável pela caldeira quais as telas que serão apresentadas pelo sistema de supervisor, quais as telas mais utilizadas e com as melhores interpretações dos operadores, conforme apêndice C.

Se for requisito, por exemplo, a tela de relatórios no questionário modelo do apêndice C, para o devido acompanhamento do rendimento e para futuras melhorias a empresa, o questionário seguinte, para definição dos parâmetros a serem monitorados, conforme mostrado no apêndice D.

Se necessário à tela de usuários, o questionário contemplando os itens contidos no apêndice E.

Para clareza do que vai ser controlado, fez então necessário a tela de controle, que será definida através das respostas do questionário do apêndice F, que poderá também constar na própria tela principal ou em qualquer outra.

Para o perfeito funcionamento da caldeira, cumprindo a exigência normativa de utilização de alarmes, estes são de fundamental importância na operação da mesma. A definição do tipo de alarmes será dada através das respostas contidas no questionário do apêndice G.

5.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE SUPERVISÃO

Com utilização do mesmo recurso de lista de verificações e com entrevista são coletadas todas as variáveis desejadas para o funcionamento da caldeira de acordo com a utilização do equipamento. No mesmo formulário que será coletado os dados da empresa serão também obtidos as variáveis de controle e visualização.

Para o funcionamento de um sistema supervisorio como visto na revisão bibliográfica é necessário saber quais as variáveis que estarão presentes na aplicação do sistema. Para determinar as variáveis a serem supervisionadas, aplicar o questionário modelo do apêndice H.

5.3 Construção das telas de supervisão

De posse das informações coletadas através dos questionários e com recurso de software de desenho SolidWorks® 2011, será desenhado a imagem representativa de uma caldeira, e, posteriormente, adicionada a representações gráficas do ScadaBR®.

Para a utilização do sistema ScadaBR® faz necessário a instalação do *software*, para isto, basta baixar gratuitamente os arquivos de instalação do *software* no *site* <<http://www.ScadaBR.org.br/?q=webfm>> e também os arquivos de instalação da máquina virtual Java (JDK 1.6) que encontra se no *site* da SUN¹⁴ (SCADABR, 2010). <<http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp>>

14 Sun Microsystems é uma subsidiária da Oracle Corporation fabricante de computadores, semicondutores e software com sede em Santa Clara, Califórnia,

5.4 SIMULAR E TESTAR VIRTUALMENTE O SISTEMA DESENVOLVIDO

O sistema ScadaBR® possui um ambiente de simulação em *Data Source Virtual*, que para a ilustração da aplicação será utilizado e assim apresentará os resultados e conclusões necessários para este projeto. Os testes serão hipotéticos, pois não será feita a implantação efetiva do *software* do controle em nenhuma empresa, tendo o trabalho neste momento, apenas caráter puramente acadêmico e de pesquisa para constatar a funcionalidade do sistema ScadaBR® em desenvolvimento de *software* supervisorio de caldeira.

Será realizado teste de desempenho do ScadaBR® para o supervisorio da caldeira em relação a tempo de atualização, estrutura de telas, tempo de acesso de um local a outro e geração de gráficos e histórico de alarmes.

Será realizado cinco testes. O primeiro com uma variável sem alarme, e o segundo com uma variável e com alarme, o terceiro com quatro variáveis e com quatro alarmes, e o quarto teste com todas as variáveis da caldeira e os alarmes necessários. Os testes serão realizados em um computador *Netbook Acer® Aspire 1410*, processador Intel Celeron® com velocidade de 1.3GHz e HD de 250GB, 2GB de memória RAM DDR2, tela de 11,6", sistema operacional *Windows® Seven 7 Ultimate*. O quinto teste será realizado em outro computador com todas as variáveis definidas para a supervisão da caldeira.

6 ESTUDO DE CASO

Para elaboração do supervisório, coleta de dados em visita em loco à empresa Esplanada Madeiras no dia 16 de outubro de 2012, contando com a colaboração do engenheiro mecânico Sergio Luiz Sulzbach, responsável pela caldeira e secagem de madeiras, sendo o mesmo bem objetivo em relação à utilização da caldeira na empresa e informando que deve ser apresentado por um sistema supervisório que atenda a necessidade da empresa. Por ser uma empresa de pequeno porte, optou por usar um sistema open-source. Quanto às informações apresentadas pelos questionários foram listas com a intenção de obter o máximo de informação, para que o sistema de supervisão seja responsável, competente e possa competir com o sistema proprietário.

6.1 DEFINIR AS VARIÁVEIS DE SUPERVISÃO

As informações relacionadas a empresa lembrando que o nome da empresa e seu endereço são preservados por não poder fazer parte deste trabalho assuntos particulares, sendo assim fica um nome fictício: Esplanada Madeira, conforme identificação no apêndice I. As informações da caldeira coletadas junto ao engenheiro responsável são apresentadas no apêndice J.

Com a caldeira em funcionamento, e acompanhados pelo engenheiro responsável pela caldeira, definido quais parâmetros desejavam ser supervisionados e com mais algumas informações do engenheiro se tem às devidas variáveis a serem aplicadas ao supervisório, conforme mostrado no apêndice K, dentre as quais destacamos com principais os parâmetros de pressão do vapor, nível de água e vazão de vapor da mesma.

As telas que serão apresentadas pelo sistema de supervisório sendo as mais utilizadas e com a melhor interpretação dos operadores como sendo as seguintes: Tela Principal, de Relatório, de Usuários, de Controle e de Alarmes, conforme referido no apêndice L.

Para o acompanhamento do rendimento e para futuras melhorias a empresa optou por tela de relatório, que por sua vez, a pedido do cliente e em conformidade com sua expectativa de monitoramento, contemplou todos os parâmetros exceto os

seguintes: Temperatura de Vapor Super Aquecido, Período de descarga de Fundo, Utilização de Vapor por Equipamento, conforme constata as informações relacionadas no apêndice M.

A tela de usuários existirá a pedido da empresa para ter esclarecimento no momento em que ocorrer uma falha e poder identificar quem está na operação e até mesmo delimitando o grau de acesso para que operadores menos habilitados com o funcionamento da automação não possam alterar parâmetros fundamentais, que será preservado para o responsável do setor de manutenção da empresa. Os parâmetros que devem ser monitorados pela Tela de Usuários constam no apêndice N.

A tela de controle que será por assim chamada para se ter uma clareza em o que vai ser controlado fez necessária no supervisório pelo diagnóstico junto ao responsável, sendo que este especificou a mesma poderá constar na própria tela principal ou em qualquer outra, os parâmetros a serem monitorados apresentam-se no apêndice O.

Para o perfeito funcionamento da caldeira como, visto na revisão bibliográfica, é de fundamental importância à utilização de alarmes principalmente no nível da água. E alguns onde a empresa fez questão de ter acesso, apêndice P.

6.2 CONSTRUIR AS TELAS DE SUPERVISÃO

Com utilização *software* SolidWorks® foi construída a imagem de fundo da tela de representação gráfica que será utilizada no ScadaBR® como tela principal do supervisório que exemplifica uma caldeira, na figura 13 é mostrada a imagem.

Dentro do ambiente do ScadaBR® há necessidade de criação de um *Data Source*, que será o local de fonte de dados virtual dos parâmetros que, neste caso, serão gerados aleatoriamente, dados estes elencados com base nas necessidades desejadas a serem monitoradas pelo supervisório.

Para o ScadaBR® o ambiente de desenvolvimento das telas é o mesmo que se utiliza tanto para supervisão das telas de relatório como para telas dos históricos, dos usuários, senha e outros, sendo desnecessária a criação de novas telas, apenas configurando-se e adequando-se as existentes.

Se for de interesse do desenvolvedor podem ser feitas novas telas ilustrativas para cada um dos ambientes, mas ficará somente como representação gráfica

exclusiva no seu ícone do menu ScadaBR® podendo ser ativada para ficar como tela principal se for o caso desejado para tal parâmetro.

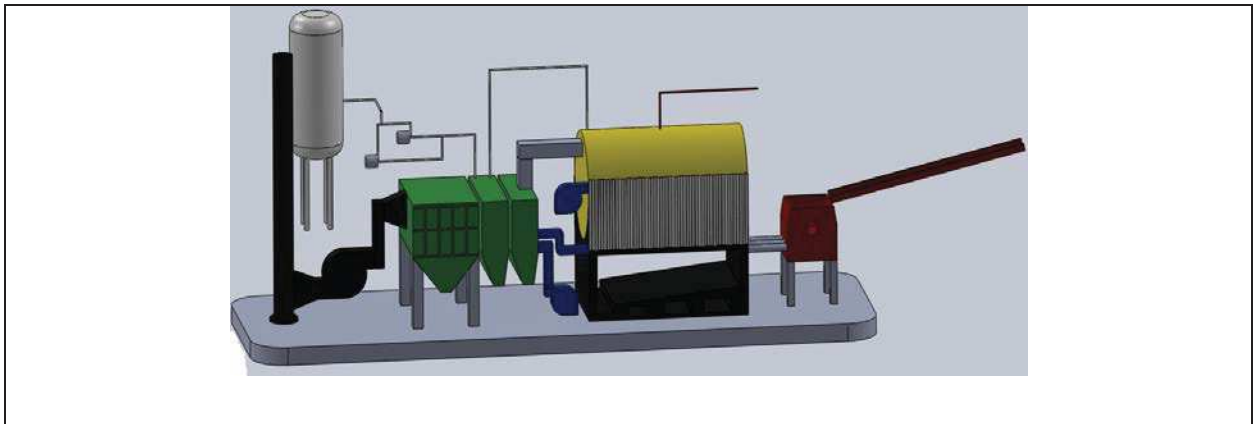


Figura 12 – Imagem da caldeira

Fonte: (Própria).




6.2.1 Instalando sistema ScadaBR em ambiente Windows®

Primeira etapa é instalar o JDK exigência do Apache Tomcat®, com a variável de ambiente JAVA_HOME devidamente declarada indicando onde esta instalado a pasta JDK. Para instalar o ScadaBR® via instalador, executa-se o arquivo “ScadaBR-Win- Installer_<ver>.exe” baixado do site do ScadaBR® como administrador. O instalador irá guiar o usuário por todo o processo de instalação.

6.2.2 Criando os *Data Source* e *Data Point*

Com o ScadaBR® funcionando, inicia a construção do supervisório da caldeira, na tela Identificação (ID) Usuário como administrador e a senha admin posteriormente na tela de menus criar se um *data source* (caldeira) e seus respectivos *data points* que são as variáveis de supervisão conforme figura 14.

Para a criação do *Data Source*, os procedimentos são os seguintes:

- a) acessar o ícone  *Data Source* preenchendo com o nome caldeira;
- b) escolhe *Data Source Virtual*;
- c) determina o período de atualização;
- d) clica  para ativar a *data source* após  para salvar.

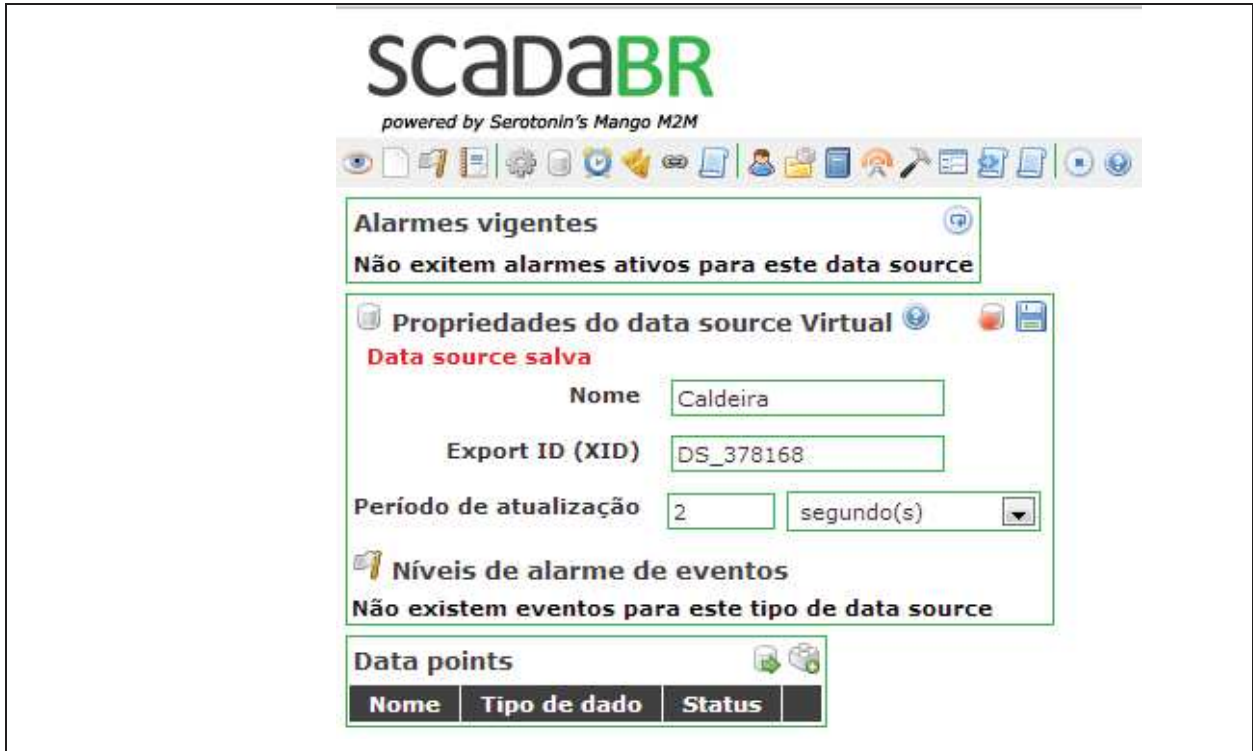


Figura 13 - Data Source caldeira

Fonte: (Própria).

Depois de criado o *Data Source*, partimos para a definição dos *Data Points*, que serão as variáveis a desejáveis de serem monitoradas. O processo de criação dos *data points* pode ser executado da seguinte maneira conforme figura 15.



- acessar o ícone  *Data Point* preenchendo com o nome da variável desejada;
- determina se vai ser configurável ou não escolhe o tipo de dado binário, multi-estados, numérico e alfanumérico;
- finaliza salvando .



Figura 14 - Data Points

Fonte: (Própria).

Depois de criados os *Data Points*, distribuído na tela principal de representação gráfica nos locais adequados onde justifica cada variável, ver item 6.6. E com as

configurações necessárias para seu funcionamento bastando apenas iniciar a operação do programa.

6.2.3 Sistema Supervisor da Caldeira

É configurada a execução automática do supervisor no carregamento do sistema operacional ou acessá-lo pelo ícone atalho na área de trabalho com o nome “ScadaBR” conforme a figura 16 . Dê um clique duplo do mouse para iniciar o sistema.



Figura 15 - Iniciar ScadaBR
Fonte: (SCADABR, 2010).

6.2.4 Tela de Usuário e Senha

Todas as permissões de utilização do sistema estão atreladas ao usuário que esta utilizando. Cada operador do sistema deve possuir um usuário próprio para a utilização. A ação de informar ao sistema qual usuário que irá utilizá-lo é chamada de ID de Usuário na figura 17 é apresentada a tela que tem esta funcionalidade:

- a) ID de Usuário: deve ser informado o usuário.
- b) Senha: deve ser informada a senha.



Figura 16 - Tela de login
Fonte: (SCADABR, 2010).

Após os dois campos serem informados pressionar o botão *login*, O sistema, leva em consideração maiúscula e minúscula. Para a configuração de novos usuários é pelo administrador do sistema (SCADABR, 2010).

6.2.5 Tela principal

Automaticamente ao iniciar o sistema, esta tela será apresentada, conforme a figura 18. A supervisão e controle da caldeira é realizada por meio da interação com esta tela. Ela abrange todos os equipamentos existentes que são passíveis de supervisão e controle. De forma geral, esta tela apresenta todas as possíveis indicações por meio dela todas as ações de controle são iniciadas (SCADABR, 2010).

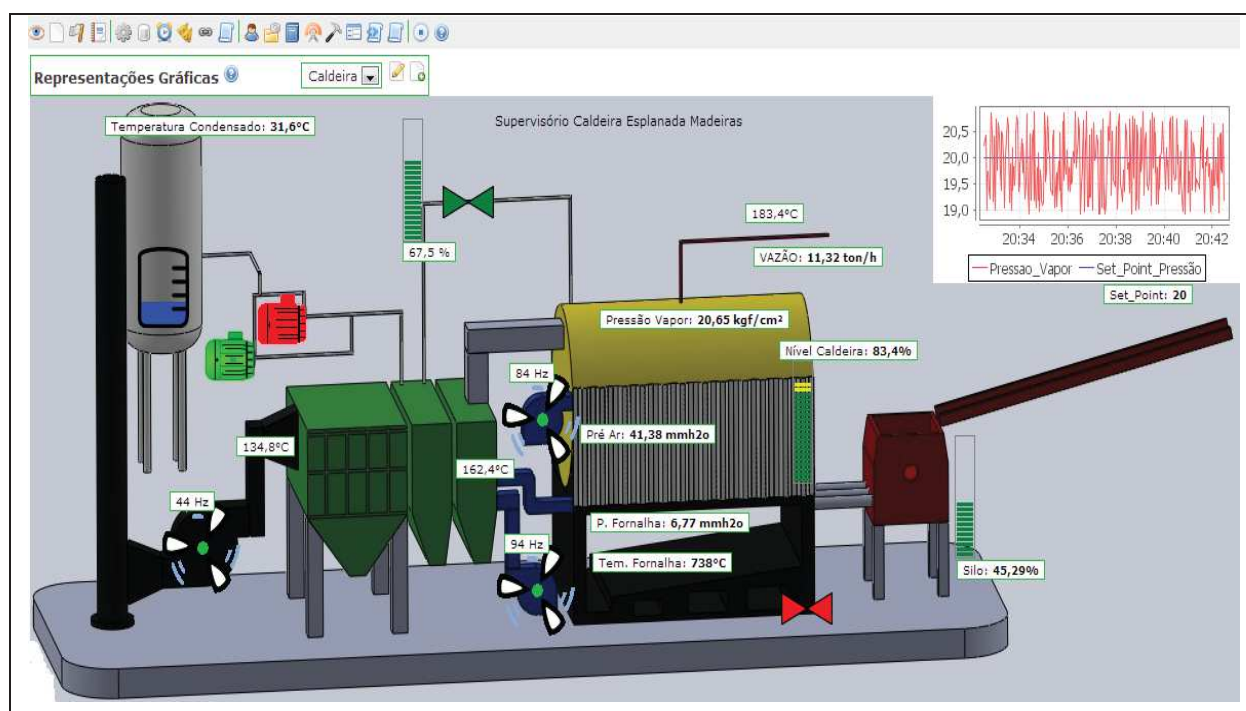


Figura 17 - Representação gráfica supervisório caldeira

Fonte: (Própria).

6.2.6 Equipamentos

Cada equipamento possui uma representação gráfica diferenciada, entretanto todos respeitam o mesmo esquema de cores, sendo assim, independente o equipamento em questão, seu estado será apresentado utilizando o padrão de cores a conforme figura 19:

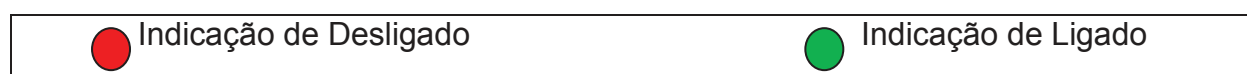


Figura 18 – Esquema de cores dos equipamentos

Fonte: (Própria).

6.2.7 Motores

Os motores de ar primário, ar secundário e exaustor, além de indicarem seu estado ligado, desligado e alarme, informam o valor da frequência através de uma caixa de texto e são representados pelos seguintes caracteres da figura 20.



Figura 19 - Indicador de motores
Fonte: (Própria).

6.2.8 Válvulas

As válvulas possuem os estados de acionamento, aberta e fechada, e a válvula PID¹⁵ de abastecimento de água tem uma régua de porcentagem de vazão. São representadas como mostra a figura 21.

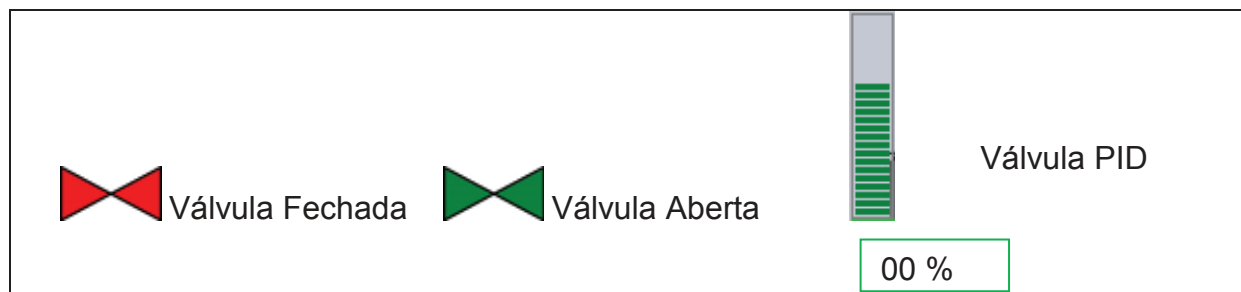


Figura 20 - Indicador de Válvula
Fonte: (Própria).

6.2.9 Níveis

Os níveis são representados com uma régua de porcentagem e tem sua variação conforme o valor que o *data points* apresenta, é utilizado no nível da água da caldeira, nível do silo de biomassa, válvula PID de entrada de água na caldeira como informado nas válvulas e no reservatório de condensado. Figura 22 apresentada à simbologia utilizada com régua de nível e com o valor em porcentagem.

¹⁵ PID Proporcional Integral Derivativa



Figura 21 - Indicador de níveis

Fonte: (Própria).

6.2.10 Bombas

O estado das bombas é representado como os motores. Deste modo, as cores são as mesmas para o estado ligado e desligado os caracteres conforme Figura 23 não contém a informação de frequência.

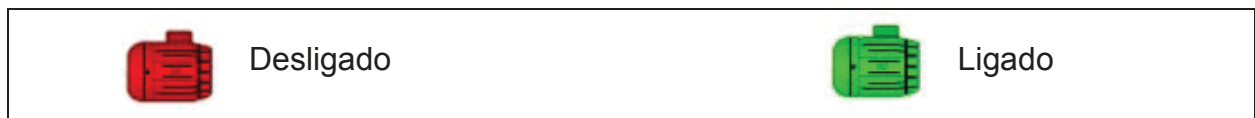


Figura 22 - Indicador de bombas

Fonte: (Própria).

6.2.11 Sistema de Alarmes

O sistema de alarmes do supervisório da caldeira está configurado de acordo com o nível de severidade do alarme, podendo ser crítico, urgente ou informativo. Acionará um aviso sonoro e ficará piscando uma bandeira ao lado da variável monitorada e o operador pode acessar pelo ícone ou pela tela de alarmes, que está situada no topo da tela principal ou em qualquer outra será listada como na Figura 24 poderá ser parado quando em reconhecer alarme.

← → ↻ localhost:8080/ScadaBR/events.shtml

SCADA BR
powered by Serotonin's Mango M2M

Urgente


Alarmes pendentes Reconhecer todos ✓ Silenciar todos 🚫

Id	Nível de alarme	Tempo	Mensagens	Tempo de inatividade
756	🚫	00:58:16	Pressão Alta	00:58:18 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
753	🚫	00:57:58	Vazão Alta	00:58:04 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
750	🚫	00:57:50	Vazão Alta	00:57:54 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
747	🚫	00:57:40	Vazão Alta	00:57:44 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
744	🚫	00:57:34	Vazão Alta	00:57:36 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
741	🚫	00:57:26	Vazão Alta	00:57:30 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
738	🚫	00:57:10	Vazão Alta	00:57:12 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
735	🚫	00:57:02	Vazão Alta	00:57:06 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
732	🚫	00:56:46	Vazão Alta	00:56:52 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
729	🚫	00:56:34	Vazão Alta 00:57:18 por admin Deve estar tendo arraste	00:56:36 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️
726	🚫	00:56:26	Vazão Alta	00:56:28 - Retornou ao normal ✓ 🔊 🗑️

Figura 23 - Alarmes

Fonte: (Própria).

6.2.12 Lista de observação

A lista de observação (*watch list*) é acessada no menu principal do ScadaBR no ícone  onde contém todas as variáveis de supervisão em uma lista e assim podendo

ser acessada e visualizada uma variável específica, representado na Figura 25 a lista de observação da caldeira do sistema supervisorio.

The screenshot displays the SCADA interface for 'Serotonin's Mango M2M'. The top bar shows the user 'admin' and a 'Níveis' dropdown menu. The main content area is split into two sections: 'Points' and 'Watch list'.

Watch list:

Item	Value	Time
Caldeira - Nivel_Agua_Caldeira	47,2%	20:36:17
Caldeira - Nivel_Agua_Condensado	85,6%	20:36:17
Caldeira - Nivel_Silo_Pulmão	84,45%	20:36:17
Caldeira - Valvula_Agua_PID	81 %	20:36:17

Points:

- Caldeira
 - Controle PID
 - Caldeira - Valvula_Agua_PID
 - Vazão
 - Caldeira - Descarga_Fundo1
 - Caldeira - Vazao_Vapor
 - Pressão
 - Caldeira - Pressao_Pre_Ar
 - Caldeira - Pressao_Vapor
 - Caldeira - Set_Point_Pressão
 - Temperatura
 - Caldeira - Temperatura_Agua_Condensado
 - Caldeira - Temperatura_Chamine
 - Caldeira - Temperatura_Fornalha
 - Caldeira - Temperatura_Pre_Ar
 - Caldeira - Temperatura_Vapor
 - Motores
 - Caldeira - AC_Primary_Corrente
 - Caldeira - AC_Primary_Frequencia
 - Caldeira - AC_Secundario_Corrente
 - Caldeira - AC_Secundario_Frequencia
 - Caldeira - Bomba_Agua_Corrente
 - Caldeira - Exaustor_Corrente_Motor
 - Caldeira - Exaustor_Frequencia_Motor
 - Níveis

The right sidebar shows a date filter: 'De 2012 Nov 08, 20:34' and 'Até 2012 Nov 09, 20:34'. It also includes 'Início' and 'Último' buttons.

Figura 24 - Lista de observação ou *watch list*

Fonte: (Própria).

7 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com o sistema supervisor da caldeira, foram desenvolvidos em ScadaBR®, utilizando-se o navegador de internet Google Chrome® servidor Apache®, rodando em um *Netbook Acer® Aspire 1410*, processador Intel Celeron® com velocidade de 1.3GHz e HD de 250GB, 2GB de memória RAM DDR2, tela de 11,6", sistema operacional *Windows® Seven 7 Ultimate*,

7.1 DESEMPENHO DO SUPERVISÓRIO

Os testes seguem da seguinte forma: avaliação do tempo necessário para abertura das telas, atualização da variável, geração de gráficos, desempenho da representação gráfica e apresentação da tela de alarmes com a possível interação em desativar o alarme e gerar um relatório.

O desempenho do supervisor da caldeira foi testado de cinco maneiras com a configuração de um *data source virtual* caldeira com atualização de 2 segundos e um único *data point* com o nome da variável nível de água da caldeira valor determinado como aleatória mínimo zero (0) e valor máximo cem (100), para este teste não foi selecionado alarme. Para o mesmo com alarme crítico em baixo nível de água valor de quarenta e cinco (45), tabela 1 e 2 representa o tempo para visualizar e atualização do valor da variável. Para um terceiro teste tabela 3, com o mesmo *data source virtual* caldeira tempo de atualização 2 segundos e com quatro *data points* sendo, nível da água da caldeira, corrente do motor do exaustor, pressão de vapor e vazão de vapor, valores aleatórios mínimo zero (0) e máximo cem (100) já configurado com alarmes, crítico para nível baixo de água sendo valor quarenta e cinco (45) e os outros com alarmes de urgência para valores superiores a sessenta (60).

**Tabela 1 – Teste supervisorío com uma variável, telas utilizadas
– tempo de acesso – atualização do valor**

Telas do Supervisorío	Tempo de acesso (s)	Atualização de valor (s)
Iniciar a tela de usuário e senha	5	
Lista de observações	3	2
Gráfico	10	2
Representação gráfica caldeira	12	2
Relatório de alarmes	30	

Fonte: Própria

Para os testes da tabela 1 e 2 o supervisorío funcionando perfeitamente as telas são acessadas sem problema e as variáveis são atualizadas na representação gráfica rapidamente os alarmes podem ser marcados para silenciar ou como reconhecidos, e os relatórios são obtidos em uma nova pagina ou gerado um arquivo CSV abre em Excel, tempo de telas é normal para um sistema supervisorío configurado dessa forma.

**Tabela 2 – Teste supervisorío com uma variável e alarme crítico,
telas utilizadas – tempo de acesso – atualização do valor**

Telas do Supervisorío	Tempo de acesso (s)	Atualização de valor (s)
Iniciar a tela de usuário e senha	5	
Lista de observações	3	2
Gráfico	10	2
Alarme	10	2
Representação gráfica caldeira	12	2
Relatório de alarmes	30	

Fonte: Própria

O teste três apresenta quatro variáveis com os mesmos requisitos do teste anterior. O resultado é uma mínima variação de tempo onde não apresentou problema.

**Tabela 3 – Teste supervisorío com quatro variáveis e alarmes,
telas utilizadas – tempo de acesso – atualização do valor**

Telas do Supervisorío	Tempo de acesso(s)	Atualização de valor(s)
Iniciar a tela de usuário e senha	5	
Lista de observações	3	2
Gráfico	10	2
Alarme	20	2
Representação gráfica caldeira	30	2
Relatório de alarmes	30	

Fonte: Própria

Quarto teste o importante aqui é o sistema supervisorio da caldeira monitorando vinte e duas variáveis e acionando um conjunto de dez alarmes. Sendo um alarme crítico e outros urgentes, o resultado conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Teste supervisorio com 22 variáveis e 10 alarmes, telas utilizadas – tempo de acesso – atualização do valor.

Telas do Supervisorio	Tempo de acesso	Atualização de valor
Iniciar a tela de usuário e senha	1 minuto	
Lista de observações	2 minutos	4 segundos
Gráfico	3 minutos	4 segundos
Alarme	8 minutos	8 segundos
Representação gráfica caldeira	15 minutos	8 segundos
Relatórios de alarmes	ERRO	

Fonte: Própria

Para este teste o supervisorio apresentou vários problemas como a dificuldade em acesso em telas e o tempo de atualização das variáveis tem uma variação maior que a determina no *data source que é de 2 segundos para navegar de paginas existe grande dificuldade a tela de alarmes posicionava a o site da Oi¹⁶ ou dá erro, foi desinstalado e reinstalado o ScadaBR[®] para corrigir o erro, posterior foi carregado o sistema supervisorio da caldeira e realizado um novo teste onde foi observar que na tela dos alarmes continua os problemas não direcionava para sites e nem erro de pagina mas os valores errados a demora na resposta das atualizações de valores. Neste teste o sistema ScadaBR[®] não apresentou satisfatório performance.*

O quinto teste um teste em um computador com uma configuração diferente foi utilizado um micro computador Positivo[®] Sim I985 64 bits Intel[®] Core 2 Duo E7500 2.93 GHz, memória 4 GB, HD750 GB, Tela de 21”, sistema operacional Windows[®] Seven 7 Home Premium na tabela 5 é apresentado o desempenho do supervisorio.

¹⁶ A Oi empresa brasileira de telecomunicações, (Wikipédia, 2012).

**Tabela 5 – Teste supervisório com 22 variáveis e 10 alarmes,
telas utilizadas – tempo de acesso – atualização do valor**

Telas do Supervisório	Tempo de acesso	Atualização de valor
Iniciar a tela de usuário e senha	1 minuto	
Lista de observações	2 minutos	4 segundos
Gráfico	3 minutos	4 segundos
Alarme	8 minutos	8 segundos
Representação gráfica caldeira	10 minutos	4 segundos
Relatórios de alarmes	30 minutos	4 segundos

Fonte: Própria

O sistema supervisório teve um melhor desempenho, mas continua com problema na geração da tela de alarmes, não aceita reconhecer os alarmes e o tempo de atualização é muito alto para a supervisão específica de uma caldeira.

Supervisório ScadaBR® ainda é novidades para as indústrias. Alguns módulos ainda precisam de uma melhoria ou otimização garantindo um supervisório mais estável, pois ainda tem alguns pequenos detalhes que necessitam ser melhorados, para posteriormente serem utilizados na indústria ou comercialmente.

O supervisório aqui mencionado, ainda continua em constante desenvolvimento, onde a comunidade retorna detalhes de testes executados em diversos tipos de situação, é um projeto que recentemente recebeu um recurso do governo para continuar o seu desenvolvimento, ainda é projeto ativo e que está recebendo atualizações, fator importante para acompanhar as novas tecnologias que estão se implantando no mercado.

Em outra aplicação o ScadaBR® apresentou certa dificuldade para uma aplicação de teste no caso de no seu tralho de mestrado, Constain (2011, p. 111), teve falhas no início:

Por outro lado, o software ScadaBR usado na integração apresentou bastante problemas no início deste trabalho, associadas à comunicação serial Modbus com o CLP, além de não possuir muitas opções para elaborar sinóticos e scripts. Isso atrasou a implementação preliminar que deu origem à metodologia proposta, devido a ser um software ainda em desenvolvimento. No entanto, com o decorrer do trabalho, mais especificamente no começo de 2011, os desenvolvedores do software foram adicionando mais protocolos, novas funcionalidades para scripting, novo construtor de telas e componentes gráficos, o que permite ser mais robusto na implementação de sistemas SCADA em processos industriais.

O ScadaBR® tem vários casos de sucesso como pode ser citado do seu *site* “setor de Energia, com parcerias nas áreas de geração solar, eólica, pequenas centrais

hidrelétricas e distribuição de energia” (ScadaBR, 2012) entre outras parcerias com empresas e universidades.

O *software* ScadaBR® pode ser útil, mas o conhecimento do desenvolvedor deveria ser mais apurado em relação a não se mantém em utilizar o *software* no momento para pequenas implementações, para testes em laboratórios e para didática em aulas relativas a CLP's, sistemas operacionais, redes para automação e automação industrial.

8 CONCLUSÃO

No desenvolvimento deste estudo, um conceito recente de se utilizar uma nova tecnologia de *software* livre nas indústrias específico em supervisórios onde o investimento com *software* proprietário poderia ser amenizado. A presente pesquisa teve como um resultado negativo para o pressuposto onde o ScadaBR® poderia ser utilizado para supervisório de uma caldeira como a resposta do presente trabalho é não, o motivo é a lentidão do sistema e alguns erros que ocorrem observados nos testes.

Como consta no capítulo 2 caldeiras mostra a complexidade que é o equipamento com alto risco, colocando até vidas em perigo, não podem existir erros no seu funcionamento e para a própria produção de vapor tem uma adequada combinação ar combustível assim um controle para equalizar a pressão de vapor.

O ScadaBR® é um sistema supervisório com as características diferenciada dos supervisórios proprietários, com uma facilidade de programação, uma interface amigável e com ótimas funcionalidades superando até mesmo os sistemas SCADA proprietário mas para outras utilização de supervisão em processos industriais onde possa monitorar o controle de produção poderá ser muito útil sua facilidade de programação e possíveis adaptações como é um sistema de código aberto vai da capacidade de cada desenvolvedor.

Essa tecnologia, muito promissora em nichos de pesquisa e desenvolvimento, pode ser utilizada para integrar a maioria das disciplinas da graduação do Engenheiro de Controle e Automação. Revela uma nova face para a automação, a utilização de Tecnologias de Baixo Custo, por meio do *Software* Livre e de Código Aberto.

Motivados a trabalhar na melhoria constante, para que o software livre possa ser utilizado na supervisão de automações. Onde cada implementação é um novo desafio para o conhecimento e que sempre agregará mais conteúdo e experiência. Todo o estudo aqui descrito não seria viável e concluído sem uma revisão aos conhecimentos adquiridos durante a graduação. Principalmente aos que pertencem e relacionam-se diretamente com automação, programação e desenvolvimento de *softwares*. Contudo, trabalhamos para retornar expectativas positivas, correções e aprimoramentos para novas versões, como papel de engenheiro de controle e automação, o nosso objetivo é

sempre melhorar o que existe numa busca incansável, e se possível, otimizando o processo com baixo custo.

Concluir que o *software* já pode ser utilizado em laboratório e pequenas automações onde o mesmo não possa causar algum tipo de dano material ou humano.

9 REFERÊNCIAS

BAZZO, Edson. **Geração de Vapor**. 2. Ed. Editora da UFSC, Florianópolis, SC 1995. 216 p. Il. (serie didática)

ESTEVES, Marcello; RODRIGUEZ, João Aurélio V.; MACIEL, Marcos. **Sistema de Intertravamento de Segurança** 2003. 106f. Projeto final apresentado ao curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica da Associação Educacional Dom Bosco, Resende, RJ, 2003.

GONÇALVES, Ana Paula da Silva; e SALVADOR, **O que são sistemas supervisórios?** Disponível: <http://www.wectrus.com.br/artigos/sist_superv.pdf> RT 025.04 – Criado: 10/09/2004 – Atualizado: 20/12/2005. Acesso em 20 de agosto de 2012.

MARTINELLI ,Jr. L. C. **Geradores de Vapor – Recepção, Operação e Medidas de Segurança**. Cadernos UNIJUÍ, Série Tecnologia Mecânica, n.º 8, Editora Unijuí, Ijuí, RS, 1998.

MOURA, Johnson Pontes; GAMA, Paulo; CARDIM, Guilherme;. **Biomassa em Leito Fluidizado Borbulhante**: Disponível em <http://www.infobibos.com/Artigos/2011_2/combustor/index.htm>Acesso em 21 de novembro de 2012.

NR-13 - **Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão**. – Edição comemorativa 10 anos da NR-13. – 1. Reimpressão. – Brasília: TEM, SIT, DSST, 2006. 124 p.

ROMAGNOLI, Marcelo. **Instrumentação e Elementos de Controle de Caldeira Aquatubular**: FUNEC – Santa fé do Sul, 2010.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1993.

PERA, Hildo **GERADORES DE VAPOR DE AGUA (CALDEIRAS)** São Paulo E.P.U.S.P, 1966.

PLANTJAR®, Mitre. **Allsoft Engenharia e Informática LTDA**. Disponível: em <<http://mitrePowertech.com/wp-content/uploads/2012/08/TelaSupervis%C3%B3rio-e1281129085767.jpg>> Acesso em 22 de Novembro de 2012.

QUEIROZ, Prof. Júlio Cesar Braz. **Automação VIII**. Curso: Engenharia Eletrônica e de Telecomunicação. Disponível: em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPyUAL/apostila-automacao>> Acesso em 22 de Novembro de 2012.

SCADABR, **Automação para Todos**. Disponível: em: <<http://www.ScadaBR.com.br>>. Acesso em 22 de agosto de 2012.

APÊNDICES

APÊNDICES A – LISTA DE VERIFICAÇÃO DA EMPRESA

Lista de Verificação empresa
OBS: Esta lista de verificação é aplicável à supervisão e controle de caldeira
Data: _____ Número do Formulário: _____
Nome da Empresa: _____
Endereço: _____
Nome do responsável ou supervisor da caldeira: _____

Quadro A - Lista de verificação da empresa

APÊNDICES B – CARACTERÍSTICAS DA CALDEIRA

Fabricante:		
Endereço:		
Marca:	Ano:	N°:
PMTA: kgf/cm ²	Modelo:	Categoria:
Prod. Vapor. ton/h		
Área troca térmica: m ²	Combustível:	
Operador:		
EXAME GERAL:	SIM	NÃO
A caldeira funciona normalmente?		
A caldeira satisfaz a NR-13?		
Anomalia capaz de prejudicar a segurança?		
Funcionam manômetros e termômetros da caldeira?		
Funcionam as válvulas de segurança exigidas?		
Dispositivo de Alimentação de Água?		
Alarme de Falta de Água?		
Injetora?		
A caldeira possui sistema de automação?		
Descarga de fundo automática?		
Possui Transmissores?		
Grelha móvel?		
Termopar?		

Quadro B - Características da Caldeira

APÊNDICES C – CLASSIFICAÇÃO DAS TELAS

Tipos de Telas do Supervisório	SIM	NÃO
Tela Principal uma visão geral da caldeira e seus componentes		
Tela de Relatório		
Tela de Usuários		
Tela de Controle		
Tela de Alarmes		
Outras		
Quais: _____ _____ _____		

Quadro C - Classificação das telas

APÊNDICES D – TELA DE RELATÓRIO

Tela de Relatórios		
	SIM	NÃO
Nome do Operador		
Variação de Pressão de vapor		
Variação de Pressão de Tiragem		
Variação de Vazão de Vapor		
Totalizador de Vapor		
Utilização de Vapor por Equipamento		
Rotação de Motores		
Corrente de Motores		
Período de descarga de Fundo		
Temperatura de Fornalha		
Temperatura de Ar Primário		
Temperatura de Chaminé		
Temperatura Água Condensado		
Temperatura de Vapor		
Temperatura de Vapor Super Aquecido		
Outras		
Quais: _____		

Quadro D - Tela de relatório

APÊNDICES E – TELA DE USUÁRIO

Tela de Usuários		
	SIM	NÃO
Nome Usuário		
Código		
Prioridades de Acesso		
Níveis de Acesso		
Senha		
Data de Acesso		
Hora de Acesso		
Outras		
Quais: _____		

Quadro E Tela de usuário

APÊNDICES F TELA DE CONTROLE

Tela de Controle		
	SIM	NÃO
Opção Manual ou Automática		
Alteração de Set Point de Pressão de Tiragem		
Alteração de Set Point de Pressão de Vapor		
Alteração de Set Point de Nível de Água da Caldeira		
Alteração de Frequência de motores		
Ligar Bomba de Água		
Outros		
Quais: _____		

Quadro F - Tela de controle

APÊNDICES G TELA DE ALARMES

Tela de Alarmes		
	SIM	NÃO
Alarme Nível Baixo de Água da Caldeira		
Alarme Nível Baixo de Água do Condensado		
Alarme Alta Pressão de Vapor		
Alarme Alta Vazão de Vapor		
Alarme Pressão positiva na Combustão		
Alarme de Motores Corrente		
Outros		
Quais: _____		

Quadro G - Tela de Alarmes

APÊNDICES H VARIÁVEIS DO SUPERVISÓRIO

Variáveis do Supervisório		
	SIM	NÃO
Usuários		
Relógio		
Pressão		
Pressão Tiragem		
Vazão Vapor		
Válvula PID Água da Caldeira		
Bomba de Água Corrente		
Nível de água Caldeira		
Nível de água Condensado		
Nível de água Reservatório		
AR primário motor corrente		
AR secundário motor corrente		
AR primário motor frequência		
AR secundário motor frequência		
Exaustor motor corrente		
Exaustor motor frequência		
Temperatura Fornalha		
Temperatura de Ar Primário		
Temperatura de Chaminé		
Temperatura Água Condensado		
Temperatura de Vapor		
Temperatura Vapor Super Aquecido		
Descarga de Fundo		
Movimento das grelhas		
Quais:	<hr/>	

Quadro H - Variáveis do Supervisório

APÊNDICES I – LISTA DE VERIFICAÇÃO DA EMPRESA

Utilização da Caldeira	
OBS: Esta lista de verificação é aplicável à supervisão e controle de caldeira	
Data: 19/10/12	Numero do Formulário: 1
Nome da Empresa: Esplanada Madeiras Ltda.	
Endereço: BR XXX km XXX Município: Curitiba – SC	
Nome do responsável ou supervisor da caldeira: Eng ^o Sergio Luiz Sulzbach	

Quadro I - Lista de Verificação da Caldeira

APÊNDICES J – CARACTERÍSTICAS DA CALDEIRA

Caldeira		
Fabricante: Biochamm		
Endereço: Rua Pitangueira N° 854 Agrolandia SC		
Marca: Biochamm	Ano: 2005	N°: 2107
PMTA: 20,0 kgf/cm ²	Modelo: Mista	Categoria: NR-13 B
Prod vapor: 10 ton/h		
Área troca térmica: 430 m ²	Combustível: Biomassa	
Operador: Claudinei, Flavio, Adriano, Adair e Jeremias.		
EXAME GERAL:	SIM	NÃO
A caldeira funciona normalmente?	X	
A caldeira satisfaz a NR-13?	X	
Anomalia capaz de prejudicar a segurança?		X
Funcionam manômetros e termômetros da caldeira?	X	
Funcionam as válvulas de segurança exigidas?	X	
Dispositivo de Alimentação de Água?	X	
Alarme de Falta de Água?	X	
Injetora?	X	
A caldeira possui sistema de automação?	X	
Descarga de fundo automática?		X
Possui Transmissores?		X
Grelha móvel?	X	
Termopar?		X

Quadro J - Características da Caldeira

APÊNDICES K VARIÁVEIS DO SUPERVISÓRIO

	SIM	NÃO
Usuários	X	
Relógio	X	
Pressão Vapor	X	
Pressão Tiragem	X	
Vazão Vapor	X	
Válvula PID Água da Caldeira	X	
Bomba de Água Corrente	X	
Nível de água Caldeira	X	
Nível de água Condensado	X	
Nível de água Reservatório	X	
Nível Silo Pulmão	X	
AR primário motor corrente	X	
AR secundário motor corrente	X	
AR primário motor frequência	X	
AR secundário motor frequência	X	
Exaustor motor corrente	X	
Exaustor motor frequência	X	
Temperatura Forno	X	
Temperatura de Ar Primário	X	
Temperatura de Chaminé	X	
Temperatura Água Condensado	X	
Válvula PID	X	
Temperatura de Vapor	X	
Temperatura Vapor Super Aquecido		X
Descarga de Fundo		X
Movimento das grelhas		X
Quais: _____		

Quadro K - Variáveis do Supervisório

APÊNDICES L – CLASSIFICAÇÃO DAS TELAS

	SIM	NÃO
Tela Principal uma visão geral da caldeira e seus componentes	X	
Tela de Relatório	X	
Tela de Usuários	X	
Tela de Controle	X	
Tela de Alarmes	X	
Outras		
Quais: _____		

Quadro L - Classificação das telas

APÊNDICES M – TELA DE RELATÓRIO

Tela de Relatórios		
	SIM	NÃO
Nome do Operador	X	
Variação de Pressão de vapor	X	
Variação de Pressão de Tiragem	X	
Variação de Vazão de Vapor	X	
Totalizador de Vapor	X	
Utilização de Vapor por Equipamento		X
Rotação de Motores	X	
Corrente de Motores	X	
Período de descarga de Fundo		X
Temperatura de Fornalha	X	
Temperatura de Ar Primário	X	
Temperatura de Chaminé	X	
Temperatura Água Condensado	X	
Temperatura de Vapor	X	
Temperatura de Vapor Super Aquecido		X
Outras		X
Quais: _____		

Quadro M - Tela de relatório

APÊNDICES N – TELA DE USUÁRIO

Tela de Usuários		
	SIM	NÃO
Nome Usuário	X	
Código	X	
Prioridades de Acesso	X	
Níveis de Acesso	X	
Senha	X	
Data de Acesso	X	
Hora de Acesso	X	
Outras		X
Quais: _____		

Quadro N - Tela de usuário

APÊNDICES O TELA DE CONTROLE

Tela de Controle		
	SIM	NÃO
Opção Manual ou Automática	X	
Alteração de Set Point de Pressão de Tiragem	X	
Alteração de Set Point de Pressão de Vapor	X	
Alteração de Set Point de Nível de Água da Caldeira	X	
Alteração de Frequência de motores	X	
Ligar Bomba de Água	X	
Outros		X
Quais: _____		

Quadro O - Tela de controle

APÊNDICES P TELA DE ALARMES

Tela de Alarmes		
	SIM	NÃO
Alarme Nível Baixo de Água da Caldeira	X	
Alarme Nível Baixo de Água do Condensado	X	
Alarme Alta Pressão de Vapor	X	
Alarme Alta Vazão de Vapor	X	
Alarme Pressão positiva na Combustão		X
Alarme de Motores Corrente	X	
Outros		X
Quais: _____		

Quadro P - Tela de Alarmes