

CONTROLE AUTOMÁTICO DE NÍVEL DE ÀGUA EM CALDEIRA PARA ADEQUAÇÃO À NR 13

MICHAEL RODRIGO TARDIN¹

JOÃO PAULO VENDRAME²

APARECIDO SERAPIAO DOS SANTOS³

SAULO AGUIAR SAES⁴

RESUMO

O artigo apresenta o desenvolvimento de um controle automático de nível d'água empregado na adequação de uma caldeira a norma NR 13. A caldeira objeto deste estudo está em operação em um alambique no distrito da Warta na cidade de Londrina Pr. Este controle de nível trouxe confiabilidade e segurança na operação da caldeira e refletindo na facilidade de sua operação.

Palavras-chave: Segurança; Controle de Nível; Caldeira.

¹ Discente; Curso de Manutenção Industrial; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; miceletrica@gmail.com

² Docente; Especialista em Segurança do Trabalho; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina;

e-mail: joao.vendrume@pr.senai.br

³ Docente; Especialista em Engenharia de Automação; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina;

e-mail: aparecido.serapiao@pr.senai.br

⁴ Docente; Especialista em Gestão Industrial com Ênfase em Sistema da Produção; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina;

e-mail: saulo.saes@fiepr.org.br

1 INTRODUÇÃO

Caldeiras ou geradores de vapor segundo a NR-13 são equipamentos destinados à produção de vapor sob pressão superior à atmosférica utilizando qualquer fonte de energia. Os riscos de explosão ao gerador de vapor estão associados na manutenção e operação do equipamento. A norma NR-13 (BRASIL, 2014) trata da segurança necessária para seu funcionamento, da periodicidade anual ou bianual de inspeção, dependendo da categoria em que a caldeira se enquadra.

De acordo com o item 13.4.1.3 da norma NR-13 (BRASIL, 2014) as caldeiras devem conter os seguintes itens:

- a) Válvula de segurança de abertura para alívio da pressão interna ajustada em valor igual ou inferior a pressão nominal da caldeira;
- b) Dispositivo que indique a pressão do vapor acumulado no interior da caldeira;
- c) Sistema de alimentação ou injetor de água, um sistema que seja independente do principal que em caso de falha do sistema principal evite o superaquecimento acima das temperaturas de projeto;
- d) Sistema dedicado de drenagem rápida de água em caldeiras de recuperação de álcalis, com ações automáticas após acionamento pelo operador;

e) Sistema automático de controle do nível de água com intertravamento que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.

Além disso, a norma estabelece a necessidade de um engenheiro responsável para liberação técnica de seu funcionamento quanto à segurança.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um controle automático de nível de água a ser empregado a uma caldeira do marca DEDINI; modelo Flamutubular também conhecida por barriga d'água; produção de vapor: 5.000Kg/h; Categoria B; Ano de fabricação: 1983; operando em um alambique no distrito da Warta na cidade de Londrina, a mesma controlada por dois operadores, sendo um para controlar a queima de combustível sólido em sua fornalha e um segundo operador monitorando visualmente a garrafa de nível que indica volume de água dentro da caldeira. Conforme o nível de água diminui ou aumenta, o operador é obrigado a abrir ou fechar, respectivamente, válvula injetora que insere água na caldeira, buscando manter o nível ideal no interior da mesma. Vale ressaltar que antes da realização da adequação não havia nenhum tipo de alarme visual ou sonoro de nível para o operador e desta forma o funcionamento da caldeira não está em conformidade com os critérios da NR 13.

Para regulamentar a operação da caldeira conforme a norma NR 13 propõe neste trabalho a instalação de sistema de controle de nível d'água com alarmes de nível crítico alto e baixo. O nível de água é controlado por sensores que por sua vez acionam uma moto

bomba, responsável em injetar água no interior da caldeira conforme a indicação do nível de água enviada pelos eletrodos de nível para o relé de nível.

Para atender a norma não é necessário à substituição do equipamento, mas sim uma adequação as normas vigentes.

Com o desenvolvimento e a instalações deste controlador de nível buscou-se atender a norma NR 13 dando confiabilidade e segurança na operação da caldeira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho está focado primeiramente à segurança dos trabalhadores na empresa de modo a adequar a caldeira em operação à norma NR-13 item 13.4.1.3 no que se refere ao controle de nível de água e com isso melhorar parte da planta do engenho, gerando maior confiabilidade e segurança do sistema com reflexo de economia na mão de obra.

2.1 Caldeira

Segundo a revista Proteção (2001), estatísticas americanas mostram que acidentes no Brasil estão acontecendo, mas não estão sendo registrados. Assim, a revista trás dados do site de Inspetores Americanos de Caldeiras e Vasos de Pressão, conforme Quadro-1,

onde mostra as principais causas de acidentes envolvendo caldeiras nos EUA, e dois desses itens são que grande importância neste trabalho, primeiro item com mais acidentes é o baixo nível d'água e o segundo com mais acidentes é a falha do operador, com a alteração realizada na operação da caldeira estes riscos são diretamente tratado, pois o controle do nível de água é automático e com alarme para níveis críticos.

Quadro 1- Acidentes com caldeira nos Estados Unidos

Estatística de acidentes	Caldeiras de Força - USA								
	Acidentes			Ferimentos			Mortes		
Parâmetros	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Rachadura na tubulação	52	00	00	00	00	00	00	00	00
Válvulas de Segurança	00	02	01	00	02	01	00	00	00
Baixo nível d'água	220	128	67	00	00	02	00	00	01
Falha nos limites de controle	08	07	27	00	00	08	00	00	00
Instalação inadequada	05	05	14	00	01	01	00	00	00
Reparo inadequado	03	09	24	00	01	01	00	00	00
Falha no projeto de Fabricação	16	05	22	06	00	01	00	00	00
Erro do operador	94	84	140	15	03	03	02	00	00
Falha no queimador	53	32	27	03	02	20	02	00	07
Subtotal	451	272	322	24	08	36	04	00	08

Fonte: adaptado de Proteção (2001).

Dentre os processos industriais, a geração de vapor através de sistemas de caldeiras é um dos mais arriscados, onde os riscos de explosões, vazamentos e acidentes são muito elevados necessitando de uma série de dispositivos e ações para o controle de segurança.

A Figura 1 mostra a caldeira objeto de estudo deste trabalho.

Figura 1 - Caldeira



Fonte: Do Autor (2015).

O vapor produzido pelas caldeiras é usado geralmente na indústria para movimentar máquinas térmicas ou como fonte de calor para processos. Deste modo, as caldeiras são equipamentos capazes de transferir a energia armazenada nas fontes combustíveis para a água e, então, para a aplicação final.

Na Figura 2 pode ser observado o motor a vapor utilizado no alambique.

Figura 2 - Motor a vapor



Fonte: Autor (2015).

Para Alves (2002), todos os tipos de caldeira possuem três partes essenciais, que são: a fornalha ou câmara de combustão, a câmara de água e a câmara de vapor. Os acessórios para descarga dos gases e a chaminé não formam parte integral da caldeira, pois constituem construções independentes que são adicionadas ao corpo resistente da mesma, não estando expostas à pressão do vapor.

Segundo a NR 13 (BRASIL, 2014), caldeiras são classificadas pelas classes de pressão como:

- **Categoria A:** Pressão de operação é superior a 1960 KPa (19,98 kgf/cm²);

- **Categoria C:** Pressão de operação igual ou inferior a 588 KPa (5,99 kgf/cm²) e volume interno igual ou inferior a 100L;
- **Categoria B:** caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

2.2 Dispositivos de segurança

Segundo a norma NR 13 (BRASIL, 2014), os dispositivos de segurança das caldeiras têm por finalidade proteger o pessoal e os equipamentos de possíveis falhas em seu funcionamento. Os principais são:

- Válvula de segurança de pressão tem por finalidade abertura para alívio da pressão ajustada em valor igual ou inferior a pressão máxima de trabalho admissível, ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Válvula de segurança de pressão



Fonte: Do autor (2015).

- Manômetro: instrumento para medir e indicar a intensidade de pressão do vapor, ar comprimido e fluido em geral (TECNIAR, 2016), ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Manômetro Caldeira



Fonte: Do Autor (2015)

- Injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido, ilustrada na Figura 5.

Figura 5 - Injetor a vapor



Fonte: Do Autor (2015).

Sistema de indicação para controle do nível de água, conforme ilustrada na Figura 6.

Figura 6 - Garrafa de Nível da Caldeira



Fonte: Do Autor (2015).

3 Materiais e Métodos.

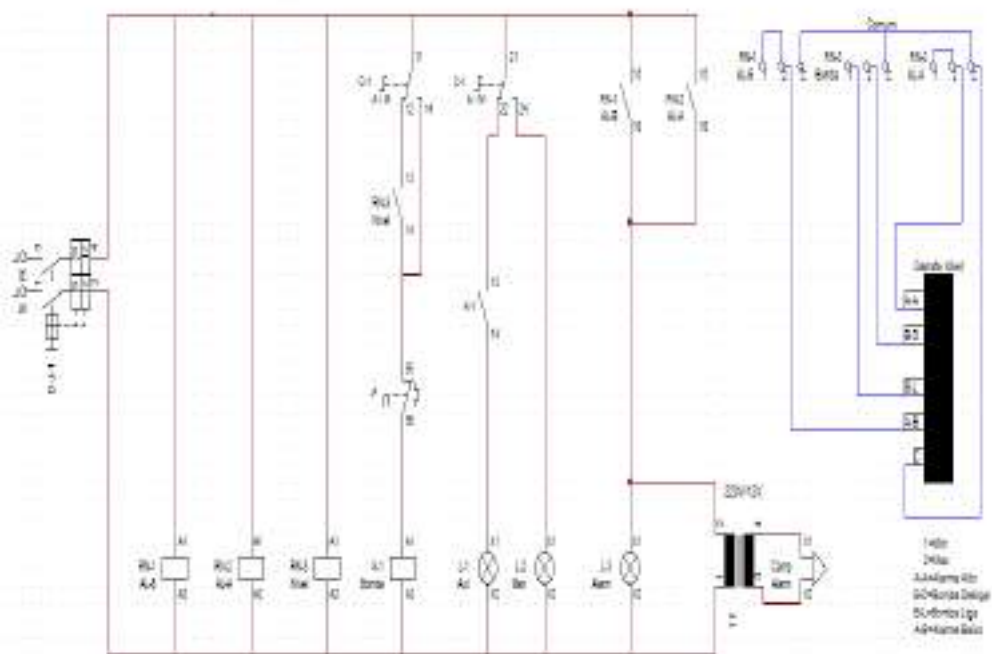
A metodologia adotada para o desenvolvimento deste projeto foi a de estudo de caso realizado em um alambique localizado no distrito da Warta, cidade de Londrina. Aliado a uma revisão de literatura em livros, manuais e normas regulamentadoras, buscou-se obter informação suficiente para a elaboração e execução do projeto de um sistema de controle automático de nível de água capaz de

proporcionar segurança e confiabilidade na operação da caldeira estudada.

Com este levantamento bibliográfico e de campo foi constatada a necessidade da instalação de um circuito elétrico para o acionamento de alarmes e o funcionamento do conjunto moto bomba com relação ao nível de água.

O circuito elétrico desenvolvido é mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Comando elétrico



Fonte: Do Autor (2016).

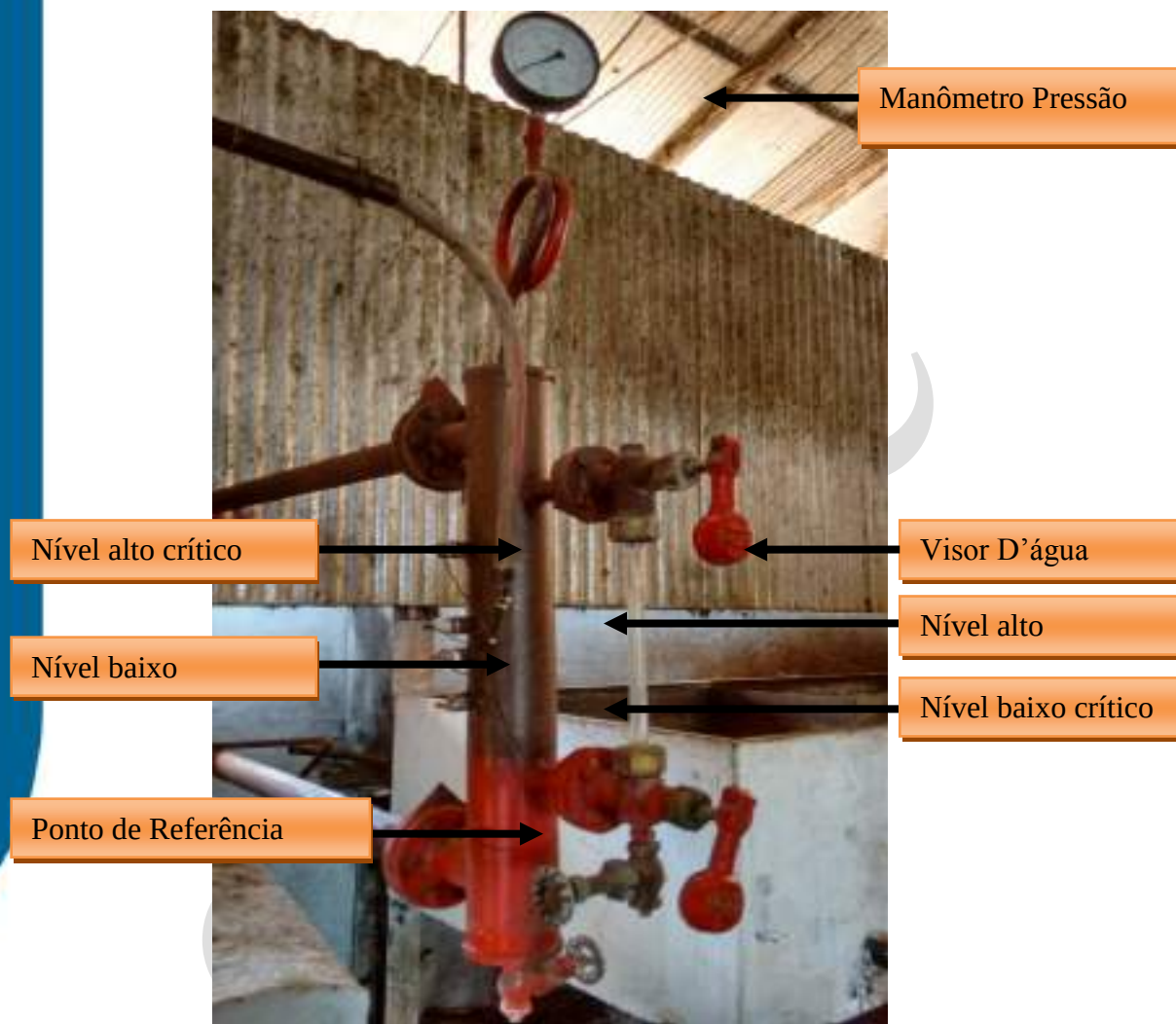
O sistema é composto por uma chave seletora de três modos C1: manual, automático e desligado, com sinalização do acionamento da moto bomba.

Com a lógica de comando para o acionamento da moto bomba obtém-se um controle automático do nível de água da caldeira. Isto é realizado através de um relé de nível com um ponto de referência e dois eletrodos instalados em sua garrafa de nível.

Em caso de falha tem-se ainda uma sinalização sonora e visual, apontando um possível nível crítico alto que poderia ocorrer o arraste d'água, ou nível crítico baixo, no qual ocorre a falta de água podendo provocar explosões. Com isso foram instalados dois relés de nível, sendo um para nível crítico baixo e outro para nível crítico alto.

Conforme apresentado na Figura 8, um eletrodo para nível crítico baixo abaixo, do nível do eletrodo de controle do conjunto moto bomba e outro eletrodo de nível crítico alto acima do eletrodo de controle do conjunto moto bomba.

Figura 8 - Garrafa de Nível da Caldeira com eletrodos

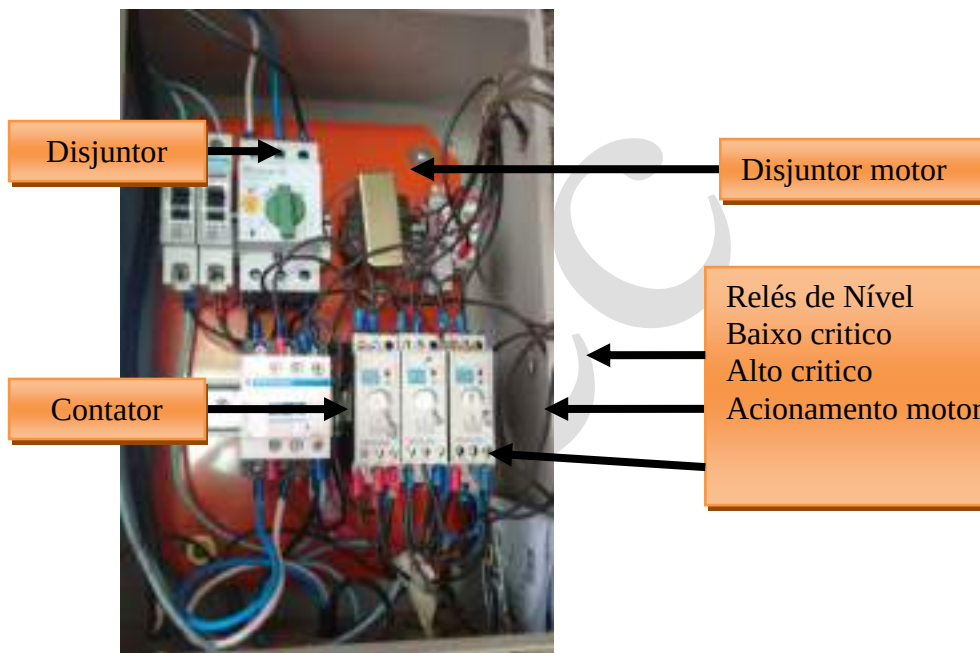


Fonte: Do Autor (2016).

Para proteção elétrica foram instalados disjuntores no circuito de comando elétrico, disjuntor motor para proteção dos cabos elétrico, motor elétrico trifásico e contator para acionamento do motor

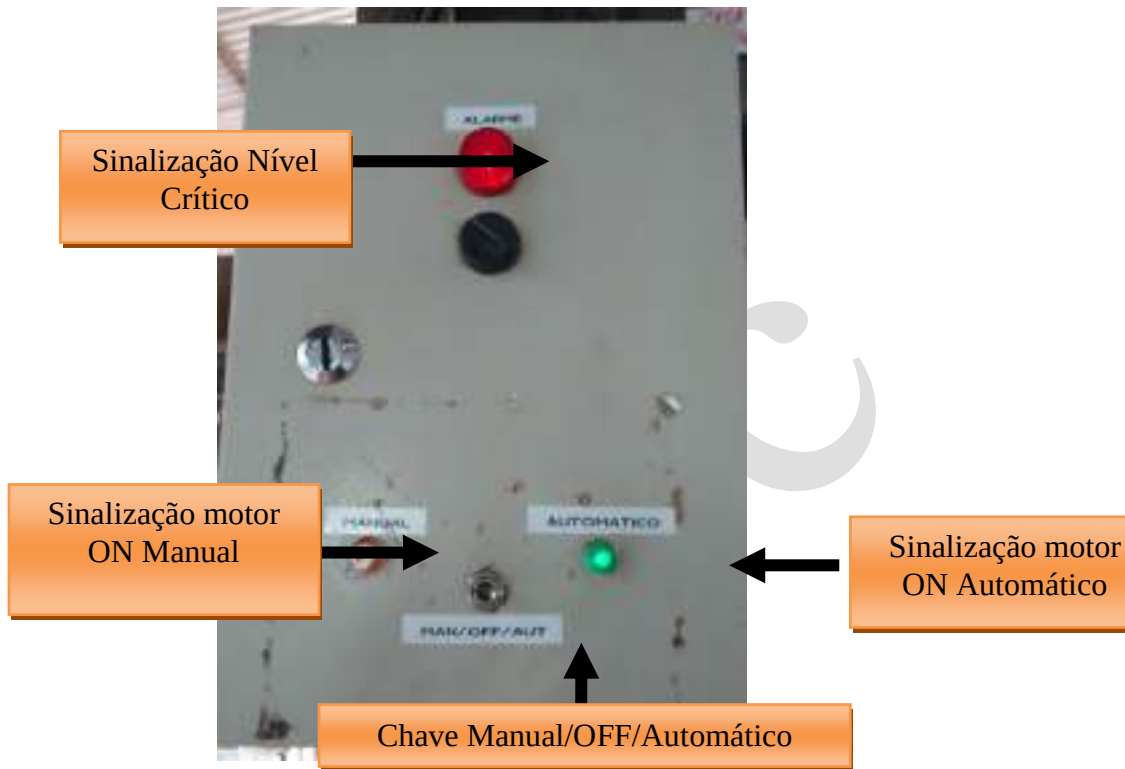
elétrico através dos relés de nível. O painel elétrico é mostrado na Figura 9 e 10.

Figura 9 – Interior painel de comando



Fonte: Do Autor (2016).

Figura 10 – Vista frontal painel de comando



Fonte: Do Autor (2016).

3.1 Relés de nível

São dispositivos utilizados para controle de água e líquidos condutores de corrente elétrica em reservatório, podendo estar pressurizados. São uteis para detecção de um nível fixo (TOMAZINI, 2007).

3.2 Eletrodos de nível

São feitos com matérias metálicas condutivas que não oxidam como inox havendo um material isolante como polipropileno onde é conectado no equipamento para não entrar em contato com a massa do equipamento.

3.3 Contator

São dispositivos que modificam uma variável controlada, recebem sinal de sensores ou botões de acionamento, pois geralmente controlam potências elevadas (WEG, 2016).

3.4 Disjuntor motor

Dispositivo que tem por finalidade proteção do circuito elétrico, partida e proteção do motor, ajuste para sobre corrente, sensível à falta de fase seu disparo interrupção é por dispositivo magnético ou térmico (WEG, 2016).

3.5 Disjuntor termomagnético

Dispositivo responsável por monitorar a corrente elétrica, interrompendo a energia elétrica quando a houver um pico de corrente e essa ultrapassar o valor adequado (WEG, 2016).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Apresentação do sistema anterior

A caldeira era operada por dois funcionários, um operador cuidava da alimentação, isto é, controla a entrada de bagaço para queima a fim de manter a temperatura da caldeira. Outro operador controlava visualmente o nível de água no interior da caldeira, através da garrafa de nível, mostrado na Figura 6.

Pelo fato de não ter nenhum tipo de alarme ou dispositivo que acione informando-o sobre nível de água, o procedimento anterior era o operador primeiramente visualizar o nível de água na garrafa e então analisar se o nível está baixo ou alto, para então abrir ou fechar válvula injetora de água, mostrada na Figura 5. Vale enfatizar que para manter um nível adequado no interior da caldeira o sistema continha somente esta forma de injeção de água.

4.2 Apresentação do sistema instalado após a pesquisa

No sistema atual foi instalado um painel com controle automático e manual do nível de água da caldeira o que permitiu liberar o operador para outras atividades, apesar de continuar com a responsabilidade de verificar o nível. Isso só é possível devido aos alarmes que agora existem e são acionados quando se atinge os níveis críticos (baixo e elevado).

Após implantação do sistema de controle de água para atender a norma NR13, a caldeira passou a ser operada apenas por um trabalhador que realiza toda a supervisão e alimentação de bagaço para manter a temperatura necessária para o processo, sendo que o nível de água é controlado automaticamente pelo sistema instalado que detecta o nível no interior da caldeira e se o nível estiver baixo aciona a moto bomba para injetar água e quando atingir o seu nível alto o sistema desliga a moto bomba.

Caso este sistema falhar ainda há o sistema de alarme que sinaliza nível crítico baixo e nível crítico alto, acionando uma lâmpada para sinalização visual e também uma sirene para sinalização sonora, possibilitando um maior tempo para o operador verificar o nível na garrafa e injetar água através da válvula injetora, manualmente se necessário; ou desligamento da moto bomba no caso de nível crítico alto. Tanto a garrafa de nível como o visor de nível e a válvula injetora foi mantida, pois se tem agora um sistema principal para injetar água através da moto bomba.

Foi acrescentada ainda a opção de controle manual, pois em período de entre safra a caldeira é mantida cheia o que seria considerado nível crítico alto. Assim, com esta opção pode-se completar totalmente com água o interior da caldeira, a fim de evitar a ferrugem no seu interior e testar também sua estanqueidade.

4.3 Discussão dos resultados

Obteve-se sucesso com o sistema funcionando já há um ano, por seus operadores e principalmente pelos proprietários da mesma. Foi realizados testes após instalação do sistema com simulação da caldeira em funcionamento sem geração de vapor, assim podendo verificar acionamento dos alarmes de nível críticos e controle automático do nível de água, com testes realizados na caldeira e com resultados obtidos atendendo a norma NR 13 foi colocado em operação a caldeira. Estas alterações refletiu em uma maior confiabilidade na operação da caldeira, maior segurança as pessoas e a planta do alambique com reflexo no custo que obteve uma redução em sua operação reduzindo de dois operadores para um operador.

5 CONCLUSÃO

Portanto, diante dos dados levantados neste trabalho, mostrou-se que há um grande contingente de vítimas de acidentes nos EUA e também no Brasil porem não temos um estudo no Brasil para informar quais as falhas que ocorrem, só informam acidentes em caldeiras não registram o que ocasionou o acidente, mas assim como a revista Proteção ressalta que podemos nos direcionar pelo estudo realizado nos EUA.

Estes acidentes possuem um elevado ônus para toda a sociedade, sendo desejo do governo, empresários e trabalhadores a sua minimização.

Muitos dos índices relativos a mortes, dilacerações e incapacitações permanentes estão associados aos vasos de pressão, pois são equipamentos de altíssimo risco, sendo fatais em qualquer inconformidade de gerenciamento.

Neste sentido, este trabalho executou a readequação de uma caldeira para atender a norma NR13 possibilitando maior segurança aos funcionários, maior confiabilidade no controle do processo, facilidade na operação da caldeira com reflexo na redução de custos.

Os resultados foram positivos, pois atenderam a norma NR 13 nos itens mencionados no trabalho, tendo em vista as diversas necessidades observadas.

Para trabalhos futuros, uma melhoria no sistema seria a instalação de um sensor de nível e um inversor de frequência para controlar a moto bomba. Resultando em um auxílio de controle no funcionamento e uma maior estabilidade na temperatura da água no interior da caldeira, pois não seria injetada água de uma vez como acontece com o sistema liga desliga, ocasionando o resfriamento e perda na pressão da caldeira mesmo que seja pouco, mas reflete na produção, com um controle constante de inserção de água teríamos uma quantidade menor assim possibilitando uma menor variação em sua temperatura e pressão.

AUTOMATIC CONTROL WATER LEVEL IN BOILER FOR ADEQUACY FOR NR 13.

Abstract

The paper presents the development of an automatic control of water level used in the suitability of a boiler NR 13 standard, the boiler object of this study is operating in an alembic in Warta district in the city of Londrina Pr. To develop the level of control were used, level relays, level sensors, warning lights, siren, contactor and engine breaker. This level of control has brought reliability and security in the boiler operation, reflecting the cost reduction with its operation.

Keywords: Safety; Level Control ; Boiler.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 13 - CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-13-caldeiras-vasos-de-pres-sao-e-tubulacoes>> Acesso em: 20 Abril. 2016.

PROTEÇÃO Revista mensal de saúde e segurança do trabalho. Novo Hamburgo: Proteção, n. 112, abril. 2001.

WEG: Disponível em: <<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Partida-e-Protecao-de-Motores>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

TECNIAR. Disponível em: <<http://www.tecniar.com.br/mamometro/manometro-informacoes-uteis/>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. 3. ed. São Paulo: Érica, 2007.