

Redução do desperdício de água com a automação na caixa d'água dos condensadores evaporativos de uma indústria frigorífica

Filipe Marangoni (UTFPR) filipemarangoni@utfpr.edu.br
Marcos Antonio Utzig (UTFPR) utzigmarcos@gmail.com
Alex Lemes Guedes (UTFPR) alexguedes@utfpr.edu.br
Evandro André Konopatzki (UTFPR) eakonopatzki@utfpr.edu.br
Samir de Oliveira Ferreira (UTFPR) sferreira@utfpr.edu.br

Resumo:

Este artigo aborda os benefícios do desenvolvimento do controle automático do nível da água em um reservatório que abastece condensadores evaporativos de uma indústria abatedora de aves. Este controle de nível era feito através de bóias e válvulas manuais, necessitando atenção do operador que dividia esta entre várias tarefas e, por vezes deixava a bomba d'água ligada por tempo excessivo, fato que causava o escoamento da água em excesso para a rede de esgoto, sem seu uso no sistema de refrigeração. O Problema e hipótese aqui estudados era a evitar o desperdício de água por meio da implementação do controle automático. O sistema automático implementado mostrou-se eficiente na redução do desperdício de água e na economia de energia elétrica, também garantiu que o reservatório sempre funcione com o nível de líquido suficiente para que o processo (que dependa deste líquido) funcione de forma adequada.

Palavras chave: Controle do nível de água, Racionalizar recursos naturais, Automação.

Water waste reduction by automating the box of water of evaporative condensers of a meatpacking industry

Abstract:

This article discusses the benefits of the development of automatic control of water level in a reservoir that supplies evaporative condensers of an agrobusiness. This level of control was achieved via buoys and manual valves, requiring operator attention that this shared between multiple tasks and sometimes left the water pump turned-on for too long, a fact that caused the flow of excess water to the network sewage without its use in the cooling system. The Problem and hypothesis studied here was to avoid water waste through the implementation of automatic control. The automatic system implemented proved effective in reducing water waste and saving electricity, also ensured that the tank always work with enough liquid level so that the process (which depends on this liquid) to function properly.

Key-words: Control of the water level, Rationalize natural resources Automation.

1. Introdução

Na maioria das empresas do setor alimentício estão presentes câmaras-frias que são utilizadas para o resfriamento ou congelamento de produtos. Os condensadores evaporativos fazem

parte do sistema de refrigeração industrial e são responsáveis por liberar o calor absorvido pelo fluido refrigerante. Sendo que, este fluido pode ser refrigerado a ar ou a água.

A água utilizada para o resfriamento fica armazenada em um reservatório onde recebe tratamento químico para diminuir a dureza, corrigir pH e para evitar que provoque a corrosão em equipamentos.

A água é proveniente de uma mina (poço) que proporciona água com baixa dureza, e é elevada até o reservatório por meio de uma bomba centrífuga acionada por uma das boias de nível instaladas na caixa d'água.

Caso houvesse alguma falta de água ou a vazão de água da bomba não fosse suficiente para vencer o consumo, o operador era responsável por abrir uma válvula manual para abastecer o reservatório com água da companhia de abastecimento, mas até então, sem controle automático do nível. Desta forma, era necessário que um funcionário permanecesse observando o nível da água, a fim de controlar manualmente esta válvula.

Este procedimento manual era realizado pelos operadores, mas que muitas vezes estavam realizando as suas devidas funções na sala de máquinas, e acabavam por esquecer-se de fechar a válvula, fazendo com que o reservatório enchesse até transbordar provocando desperdício de água proveniente da companhia de abastecimento.

Outra forma corriqueira de desperdício ocorria quando a boia da caixa d'água emperrava e não desligava a bomba. Neste caso havia o desperdício da água do poço e também de energia elétrica, pois a bomba d'água permanecia ligada de forma não desejada.

Com o desenvolvimento tecnológico e a constante busca pelo aumento da sustentabilidade industrial, a automação industrial se tornou uma forte aliada das indústrias. Através da automação as indústrias conseguem manter-se em um alto nível tecnológico, podendo oferecer produtos de qualidade para seus clientes.

O controle de nível de reservatórios pode ser realizado de diversas formas, tendo como base a utilização de um transmissor de pressão e um Controlador Lógico Programável (CLP), através do qual é possível monitorar com precisão o nível da água no reservatório, controlar quando e de que forma os recursos para o abastecimento do reservatório serão utilizados, além de evitar o transbordamento e a necessidade da alocação de um operador para a monitoração do nível.

2. Materiais e métodos

O reservatório, ou caixa d'água, está localizado na sala de máquinas da empresa, sendo responsável pelo fornecimento de água para os condensadores evaporativos. Os condensadores são parte integrante fundamental do sistema de refrigeração industrial, pois é nele que o fluido refrigerante (amônia NH₃) é condensado e sofre uma queda de temperatura devido à troca de calor que acontece no interior do equipamento.

Na Figura 1 pode-se observar o desenho esquemático do princípio de funcionamento de um condensador evaporativo. O ar atmosférico é admitido na parte inferior do equipamento por entradas situadas nas suas laterais, passa pelo interior do condensador e sai na parte superior pelos exaustores.

O fluido refrigerante, que será condensado, passa pela serpentina de condensação, que é resfriada pela água de recirculação e dispersa pelos bicos distribuidores diretamente em cima da serpentina. Este escoamento oposto de ar e água causa a evaporação de uma fração de água no sistema.

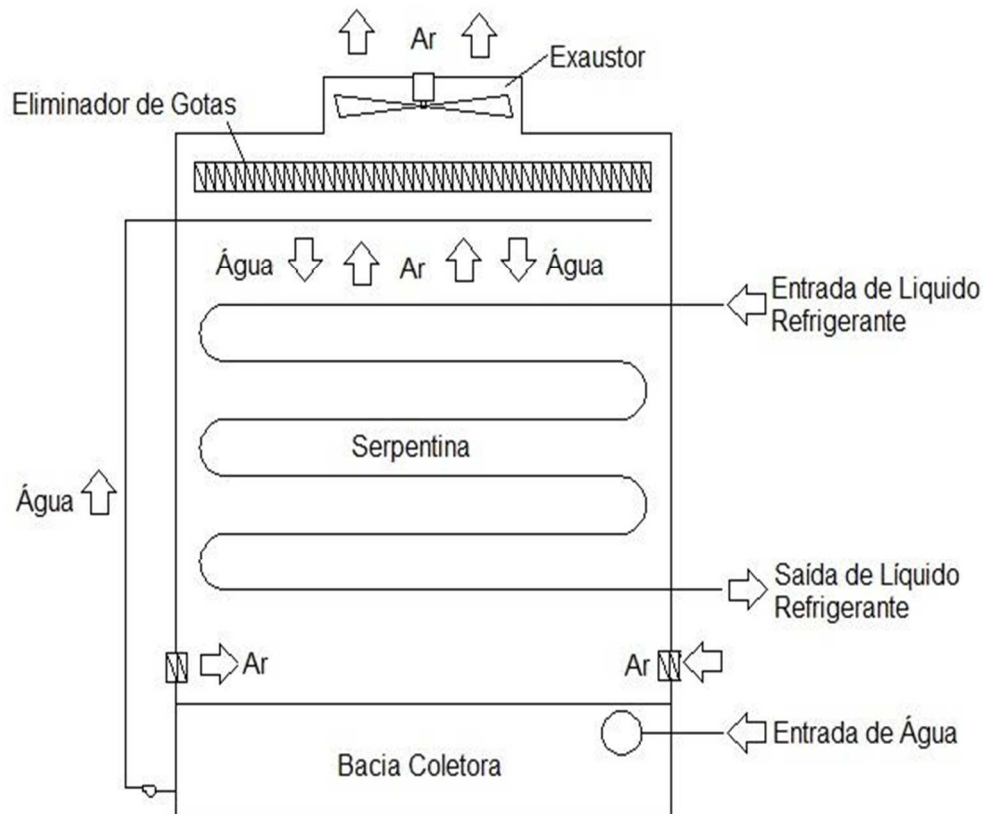


Figura 1 – Princípio de funcionamento de um condensador evaporativo

O eliminador de gotas é necessário para evitar o arrasto de água com o ar que sai do equipamento, e consequentemente evitar o desperdício de água. A porção de água que não evapora durante o processo, cai na bacia coletora de água e é circulada novamente para a parte superior nos bicos distribuidores (WALTHER, 2009).

A bacia coletora é abastecida através de uma tubulação vinda diretamente da caixa d'água. O reservatório está instalado a uma altura superior a dos condensadores, sendo assim, a água escoar até os equipamentos por queda d'água, não sendo necessária a utilização de uma bomba centrífuga para realizar o abastecimento dos mesmos.

A empresa conta com 12 condensadores evaporativos que possuem um consumo médio de 10 mil litros de água por hora e o antigo reservatório possuía a capacidade de 1000 litros.

No reservatório também é realizado um tratamento químico na água, com o objetivo de evitar a corrosão em equipamentos, além de garantir um abastecimento dos equipamentos em um nível adequado, trazendo mais estabilidade para todo o sistema.

2.1. Controle de Nível Sem a Automação

Antes da automação, o sistema funcionava com uma boia mecânica de nível alto que acionava a bomba centrífuga quando a água do reservatório diminuía. Quando a altura era retomada, a boia mandava um sinal para a bomba desligar.

A boia de nível baixo indicava alarme. Quando o reservatório estava com metade da capacidade, a boia acionava o alarme que indicava que a bomba d'água da mina não estava sendo capaz de suprir o abastecimento do reservatório, devido ao consumo de água pelos condensadores evaporativos. Deste modo ficava a cargo do operador abrir o registro da água da indústria até que o nível se completasse e fechar este registro novamente.

Um desenho esquemático deste sistema pode ser observado na Figura 2, onde as linhas horizontais indicam o nível em que as boias atuam respectivamente. Os níveis máximo e mínimo eram controlados por uma boia, e aciona e desliga o alarme eram controlados por uma segunda boia.

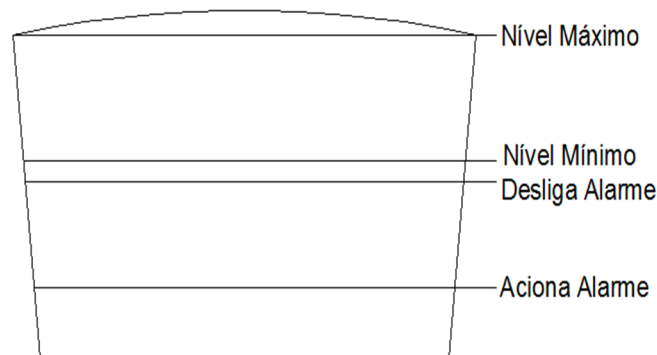


Figura 2 – Monitoramento de nível sem automação

Este sistema não deixa de ser funcional, mas muitas das vezes o registro de água da indústria era esquecido aberto pelo operador, o que causava desperdício de água. Além do mais, a boia mecânica que controlava o liga e desliga da bomba d'água, algumas vezes não acionava a bomba, sendo necessária a substituição da mesma.

2.2. Automação do sistema

A automação industrial se verifica sempre que novas técnicas de controle são introduzidas num processo. A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência elevada pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. Ainda é possível na automação, mudar radicalmente o comportamento do sistema automatizado, devido à flexibilidade que os sistemas possuem. Devido ao mesmo ser empregado juntamente com softwares, dispositivos de controle, atuadores e sensores, é possível obter diferentes resultados dentro de um mesmo processo, modificando a programação deste controlador ou o tipo e o sinal obtido pelos sensores (SILVEIRA E SANTOS, 2002).

A medição de nível é amplamente utilizada nas mais diversas aplicações industriais, existe uma variedade muito grande de sistemas de medição de nível envolvendo líquidos, cada um com sua vantagem e aplicação. A definição mais simples é dizer que nível é a altura do conteúdo de um reservatório ou tanque de armazenamento, através do qual se torna possível basicamente avaliar o volume estocado de produto, levando ainda em conta a segurança, onde o nível do produto não pode ultrapassar determinados limites.

Podem-se utilizar basicamente três métodos na medição de nível, método direto, indireto e descontínuo. Neste projeto utilizou-se medição indireta.

O nível é medido indiretamente em função de grandezas físicas a ele relacionadas, como por exemplo, pressão (manômetros de tubo em U, células de pressão diferenciais), níveis ultrassônicos e detector de nível de lâminas vibrante (CASSIOLATO, 2010).

2.3. Controle de nível com transmissores de pressão

Os transmissores de pressão são amplamente utilizados nos processos e aplicações com inúmeras funcionalidades e recursos. A grande maioria dos processos industriais envolvem medições de pressão, lembrando ainda que pressão é uma grandeza básica para a medição e

controle de vazão, nível e densidade. Como exemplo podemos encontrar transmissores de pressão em compressores de amônia na área de refrigeração onde estes realizam medições das pressões de sucção e descarga, bem como em compressores de ar que desligam ou diminuem a velocidade do motor quando a pressão da linha se altera, assim como no controle de nível.

Todo sistema de medição de pressão é constituído pelo elemento primário, o qual estará em contato direto ou indireto ao processo onde se tem as mudanças de pressão e pelo elemento secundário (transmissor de pressão) que terá a tarefa de traduzir esta mudança em valores mensuráveis para uso em indicação, monitoração e controle (CASSIOLATO, 2010).

Na Figura 3 observam-se alguns modelos de transmissores de pressão da empresa Novus. Alguns modelos simples que medem somente a pressão relativa e fornecem um sinal de 0 a 10 V ou 4 a 20 mA, dependendo do modelo especificado, e um com display, que realiza medições de pressão diferencial e mostra os dados no display. No entanto, sua instalação e configuração se tornam mais trabalhosas, pois é necessário informar uma maior quantidade de dados sobre a instalação que o mesmo irá monitorar.



Figura 3 – Modelos de transmissores de pressão da marca novus

3. Projeto e execução

O projeto visou criar um controle totalmente automático do reservatório de forma que o mesmo sempre esteja o mais próximo de sua capacidade máxima evitando o desperdício tanto de água como de energia elétrica.

A lógica do sistema foi baseada nos seguintes pontos:

- a) A bomba deve trabalhar entre valores de mínimo e máximo, ligando no mínimo e desligando no máximo;
- b) A válvula on-off instalada na entrada de água da indústria, deve ser acionada somente se a bomba não conseguir suprir o abastecimento do reservatório, também funcionando entre valores de mínimo e máximo;
- c) O alarme deverá ser acionado abaixo da metade da capacidade do reservatório, sendo este um sinal luminoso instalado na cabine de operações;
- d) Quando o reservatório se encontrar vazio, todas as saídas devem estar acionadas e desligando conforme os valores programados.

A partir dessas considerações foi desenvolvida a programação do CLP, sendo que os passos da programação foram nomeados como mostra a Tabela 1.

Passo	Ação
0	Todas as saídas acionadas
1	Aciona alarme
2	Desliga alarme
3	Aciona válvula <i>on-off</i>
4	Desliga válvula <i>on-off</i>
5	Liga a bomba centrífuga
6	Desliga bomba centrífuga

Tabela 1 – Passos da Programação

Na Figura 4 pode-se observar um desenho esquemático do reservatório, que mostra quando será executado cada passo da programação. Cada linha representa o nível em que os passos serão executados pela programação desenvolvida.

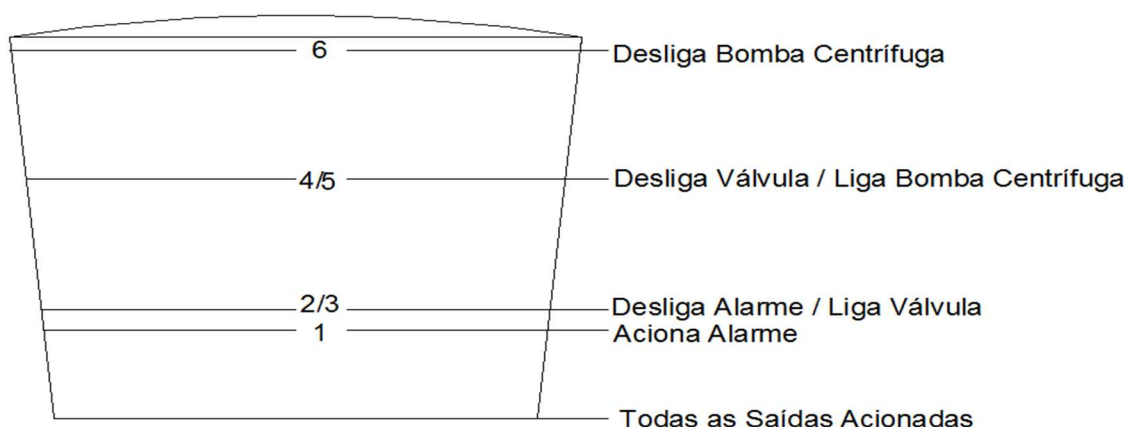


Figura 4 – Esquema de Funcionamento da lógica de programação

O CLP receberá um sinal será fornecido por um transmissor de pressão de 4 a 20 mA para executar os passos da programação. O mesmo foi especificado levando-se em consideração que a pressão contra o fundo do recipiente depende apenas do peso específico e da altura do líquido, os cálculos foram baseados em um reservatório de capacidade de 5000 litros, com uma altura de 1,75 m.

Comercialmente encontramos transmissores de pressão relativa de diferentes faixas de medição, por exemplo, de 0 a 1 bar e 0 a 25 bar. Para este projeto, de acordo com os cálculos realizados, um transmissor de pressão de 0 a 1 bar seria suficiente para fazer a medição com precisão. Mas na execução do projeto utilizou-se um transmissor com escala de 0 a 5 bar, pois era o modelo de transmissor que estava disponível no almoxarifado da empresa.

A principal diferença entre o transmissor que foi calculado e o que foi utilizado está na precisão dos mesmos, pois quanto maior for a escala do transmissor, menor será a variação em mA fornecida para o CLP, sendo assim os resultados das medidas obtidas (altura da coluna de água) não se tornam tão precisas.

3.1. Descrição dos materiais utilizados

Na Tabela 2, estão descritos os materiais utilizados na execução do projeto, os componentes foram especificados com base no que a empresa possui instalada em outros equipamentos e no estoque do seu almoxarifado. Isto facilita quando se fizer necessário realizar alguma manutenção, e se fizer necessário trocar algum componente, não perder-se tempo procurando ou até mesmo esperando o componente chegar para executar a manutenção.

Quantia	Descrição do Material	Fabricante
1 un.	Fonte, 220 Vca para 24 Vcc, 1, 3 A.	Siemens
1 un.	LOGO! 12/24 RC, Versão 0BA6, oito entradas digitais, quatro saídas digitais.	Siemens
1 un.	Modulo de Expansão analógico 24 Vcc, AM2, duas entradas analógicas de 0 a 10V ou 0 a 20 mA.	Siemens
1 un.	Válvula pistão a ar operada, 2 ", Modelo: E290.	Asco
3 un.	Borne Rele 24 Vcc, Dois contatos Normal aberto e Normal Fechado.	Siemens
1 un.	Disjuntor Monofásico, Curva C, 10 Amperes.	Siemens
2 un.	Conector tipo SAK 2,5 mm ² , Azul (neutro).	Siemens
6 un.	Conector tipo SAK 2,5 mm ² , Cinza (Fase).	Siemens
2 un.	Conector Tipo SAK 2,5mm ² , Amarelo e Verde (Terra).	Siemens
1 un.	Caixa de Plástico Modelo ECO.	Ace
1 un.	Chave do Tipo Manopla, duas posições, 10 Amperes.	Ace
1 un.	Elemento de Contato, E111, Contatos Normal aberto e Normal Fechado.	Ace
1 un.	Sinaleiro, 24 Vcc, Vermelho, 22 mm ² de diâmetro.	Moeller
20 m	Cabo Flexível, 2x1mm ² , 750 v.	CorFio

Tabela 2 - Lista de Materiais Utilizados

O painel de comando, mostrado na Figura 5, foi montado de acordo com o projeto elétrico desenvolvido. Como forma de economizar espaço não foram utilizadas canaletas internas no painel para organizar os fios. Na parte superior do painel encontram-se a fonte, o CLP e o bloco de expansão analógica. Abaixo e a direita os reles que realizam a interface entre a saída do CLP e os componentes a serem acionados. Abaixo e a esquerda, os bornes de contato que realizam a conexão entre os cabos externos ao painel e os componentes internos do mesmo.



Figura 5 – Painel de Comando

3.2. Instalação da nova caixa d'água e do sistema de automação

A instalação ocorreu em um final de semana, visto que o reservatório não poderia parar durante a produção da empresa devido a sua importância para o sistema. Mas os trabalhos em que não se fazia necessário desligar o sistema atual foram realizados durante a semana.

Realizou-se a fixação do painel em um local adequado, a instalação do alarme na sala dos operadores, a passagem dos cabos de alimentação da bobina solenoide da válvula, o cabo de ligação do transmissor de pressão.

A substituição do reservatório, que passou de 1000 litros para 5000 litros, foi realizada por trabalhadores terceirizados contratados pela empresa. Sendo assim, da primeira vez que o reservatório começou a ser utilizado, foram definidos os valores dos passos da programação e atribuídos à programação do mesmo, assim como mostra o Tabela 3.

Passo	Ação	Valor	Altura em m.c.a
0	Todas as saídas acionadas	178	0,00
1	Aciona alarme	182	0,40
2	Desliga alarme	190	0,58
3	Aciona válvula <i>on-off</i>	190	0,58
4	Desliga válvula <i>on-off</i>	200	1,06
5	Liga a bomba centrífuga	200	1,06
6	Desliga bomba centrífuga	218	1,70

Tabela 3 – Passos Definidos Durante instalação

Na Figura 6(a) podemos observar o transmissor de pressão e a mangueira que indica o nível, para acompanhamento visual. Esta indicação auxiliar do nível (através da mangueira) pode ser considerada uma monitoração de nível direta. Na Figura 6(b) pode ser observada a caixa d'água instalada no local com as tubulações de entrada de água vinda da bomba centrífuga e da válvula *on-off*.



Figura 6 – Transmissor de pressão (a) e nova caixa d'água instalada (b)

3.3. Acompanhamento do sistema

Durante as primeiras horas de funcionamento identificou-se a necessidade da alteração de alguns valores, pois a bomba centrífuga não conseguia manter o nível do reservatório e a válvula acionava mais vezes do que o previsto. O ideal seria a bomba abastecer o reservatório mantendo-o sempre cheio ou o mais próximo disso, o que não é possível devido à baixa vazão da bomba centrífuga. A implicação disto para o sistema é que para a utilização da água proveniente da indústria se faz necessário realizar um tratamento químico com uma dosagem de produto superior a aquela utilizada na água proveniente da mina. Sendo assim, para garantir que o reservatório trabalhe em um nível mais alto, foi modificado o nível correspondente à ação de desligar a válvula, passando de 1,06 para 1,30 m.c.a.

Na Figura 7, para melhor compreensão, observa-se o desenho da caixa d'água representado pela letra "A", a indicação dos valores programados inicialmente, durante a instalação do sistema. A caixa d'água representada pela letra "B" apresenta os valores modificados, após o acompanhamento do sistema e a verificação da necessidade da alteração.

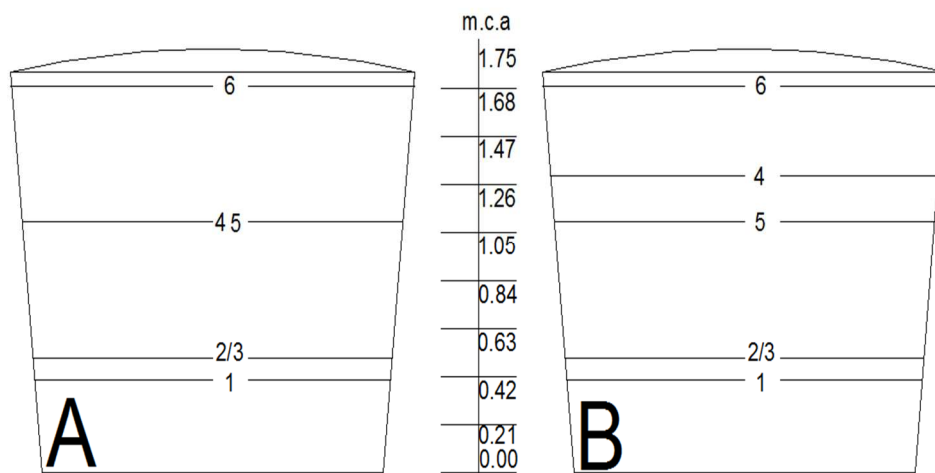


Figura 7 – Níveis da água definidos na caixa d'água antes (A) e depois (B) dos testes

No projeto, representado pelo esboço do reservatório "A", foi considerado que a bomba conseguiria manter a sua parte do reservatório abastecida, mas não foi verificado isto durante o funcionamento. A bomba centrífuga não possui vazão suficiente, devido à altura manométrica que esta bomba tem que vencer para abastecer o reservatório. Desta forma, foi necessária a modificação do parâmetro de nível máximo da válvula, afim de que esta ajude a bomba a encher o reservatório por mais tempo, como mostrado no esboço do reservatório "B". Com esta alteração conseguiu-se fazer com que o reservatório trabalhe sempre em um nível entre 75% e 100%. Para os demais níveis atribuídos não se fez necessária a modificação da programação.

4. Conclusões

Após realizada a automação do sistema que abastece a caixa d'água que alimenta os condensadores evaporativos, foi possível controlar o nível de forma automática e evitar o desperdício de água. O sistema funcionou como o esperado e encontra-se em pleno funcionamento na empresa.

Controlar o nível de forma automática e com a utilização do sistema aqui apresentado forneceu mais versatilidade do que nas instalações com sensores do tipo boia – como a

anterior, pois para mudar o nível de controle no novo sistema basta parametrizar o controlador CLP enquanto que no sistema antigo seria necessário modificar a posição física das bóias (sensores) instaladas.

Para a empresa a automação foi muito bem sucedida, pois agora o controle de nível evita desperdício tanto de água (seja do poço ou do abastecimento) quanto de energia elétrica, pois a bomba d'água não fica ligada sem necessidade. Também garante que o reservatório funcione sempre em um nível seguro e não há mais necessidade de alocar um funcionário para cuidar e controlar o nível manualmente.

Em tempos de escasses de água (em vários estados brasileiros) e aumento das tarifas de energia elétrica, esta automação desempenhou um papel fundamental para garantir a sustentabilidade industrial.

Referências

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. dos. *Automação e Controle Discreto*, 9^a edição. São Paulo: Erica, 2002.

CASSIOLATO, César. *Medição de Nível*. 2010. Artigo Técnico, SMAR, 2010. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index39.html>> Acesso em: 20 Mai. 2013.

WALTHER, Felipe M. *Condensador evaporativo em escala reduzida: Projeto, Construção e Análise experimental*. 2009. 20f. Monografia (trabalho de conclusão de curso de engenharia mecânica) Departamento de engenharia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SIEMENS, Logo! *O Líder dos módulos lógicos para microautomação*. Disponível em: <<http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/logo-ml/>> Acesso em: setembro de 2015.

NOVUS, Transmissores de Pressão. Disponível em: <<http://www.novus.com.br/site/default.asp>>. Acesso em setembro de 2015.