

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA COLETA DE EFLUENTES DE ESGOTO

SILVA, Dayvison Carlos da¹
LOPES, Sávio Luiz Silva²
ABREU, Adriano Bien de²
RAUCCI, Paulo Cesar³
JÚNIOR, Jorge Luiz Barbosa Maciel⁴

RESUMO

A água é fonte da vida e precisamos dela para poder sobreviver. Entretanto, por maior que seja sua importância para a nossa existência, os rios e nascentes continuam sendo poluídos. Com o aumento desenfreado da população, aumentou-se consideravelmente a produção de lixo e conseqüentemente também a geração de esgoto. Todo esse esgoto se não tratado e descartado corretamente contamina as fontes de água, tais como rios, nascentes e lençóis freáticos que são utilizados para o abastecimento de nossas cidades. Para controle da poluição das águas são utilizadas as estações de tratamento, com objetivo de evitar que os esgotos domésticos, agricultura e industriais sejam lançados ao meio ambiente sem qualquer tratamento. Falhas humanas por esquecimento ou falta de atenção são muito comuns em sistemas manuais e semiautomáticos, entretanto o esquecimento de ligar uma bomba de coleta de efluentes contaminados pode vir a causar o transbordo do tanque e causar um acidente ambiental. Sistema manual ou semiautomáticos necessitam do uso de grandes painéis de comandos elétricos e presença de operadores para que o sistema funcione. A proposta desta pesquisa é explorar as vantagens da automação sobre um processo de coleta de efluentes de esgoto utilizando um CLP (Controlador Lógico Programável). O CLP é responsável por realizar todo o controle do processo de coleta e descarte do efluente de modo autônomo, dispondo da presença de seres humanos durante o seu processo contínuo. Devido a vários problemas na central de tratamento de efluentes como a queima de bombas e motores devido à falha de componentes elétricos e algumas falhas humanas. Foi desenvolvido um painel de comando controlado por um CLP, de modo a controlar o nível de entrada e saída de efluentes da estação, tendo como objetivo reduzir custos com a queima das bombas de drenagem, reduzir o tempo de reparo de falhas e eliminar os riscos de falha humana.

PALAVRAS-CHAVES: Efluentes; Água; Poluição; CLP; Custo.

ABSTRACT

Water is the source of life and we need it in order to survive. However, its so importance to our existence, rivers and springs continue to be polluted. With the increase of the created population, the production of garbage increased and, consequently, also the generation of sewage. All this sewage is not properly treated and disposed of as water sources, such as rivers, springs and groundwater that are used to supply our cities. To control water pollution, they are used as treatment plants, with the objective of preventing domestic sewage, scientific agriculture and being released into the environment without any treatment. Human failures due to forgetfulness or lack of attention are very common in manual and semi-automatic

¹ Discente de Engenharia Elétrica da FAIP;

² Docente da FAIP;

³ Licenciado em Sistemas e Tecnologias da Informação e Mestre em Educação;

⁴ Químico e Mestre em Ciência e Tecnologia dos Materiais.

systems but forgetting to turn off a contaminated effluent collection pump can cause the tank to overflow and cause an environmental accident. Manual or semi-automatic systems, use of large electrical control panels and presence of operators for the functional system. The purpose of this research is to explore the advantages of automation over a sewage collection process using a programmable logic driver - PLC. The PLC is responsible for carrying out all control of the collection and disposal process of the effluent in an autonomous way, available by the presence of human beings during the continuous process. Accepting several central effluent treatment problems such as burning pumps and engines due to the failure of electrical components and some human failures. A control panel controlled by a PLC was developed in order to control the level of input and output of effluents from the station, with the objective of reducing costs with the burning of drain pumps, reducing the time to repair failures and eliminate the risks of human failure.

KEYWORDS: Effluents; Water; Pollution; CLP; Cost.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente taxa populacional, os processos de fabricação das indústrias e da agricultura, estão exigindo maior consumo de água. A água é de suma importância para a vida que “nas explorações espaciais ela é imediatamente procurada, pois é a condição básica para que se possa pensar na existência de algum tipo de ser vivo em outro planeta.” (OLIVEIRA e MOLICA, 2017, p. 5)

Segundo (ARAÚJO, DIAS, e BENINI, 2015, p. 8), a quantidade de água disponível com qualidade tem se tornado um desafio e vem se intensificando nas últimas décadas. A modificação no clima tem sido um fator relevante, pois, devidos essas alterações climáticas, o ciclo de regime da água também fora alterado, desta forma a quantidade de água fornecida pela chuva tem sido cada vez menor, causando a diminuição da água disponível em grande parte das regiões povoadas. Outro fator quem tem sido agravante para a qualidade da nossa água que afeta diretamente o nosso abastecimento, tem sido a contaminação desenfreada de nossas nascentes, lençóis freáticos e rios, devido à contaminação por lixos domésticos, hospitalares, industriais e agroindústrias e são descartados diretamente no meio ambiente sem qualquer tratamento.

“As águas superficiais são em grande parte poluídas por causa de esgotos não tratados e lixo que são jogados todos os dias em seus leitos, ficando a água em alguns casos tão contaminada que não serve nem para ser tratada novamente.” (OLIVEIRA & MOLICA, 2017, p. 12)

A contaminação da água pode ocorrer de duas formas:

- Descarte incorreto de embalagens de produtos químicos e o despejo de esgoto diretamente no meio ambiente.
- Contaminação acidental causada por inseticidas e pesticidas utilizados na agricultura e desastres envolvendo meios de transportes de produtos químicos.

“O Brasil chega a perder, todo ano, toneladas de solos férteis em razão de uma agricultura mal

planejada, aliada a prática de monocultura extensiva, queimadas e desmatamentos.” (VIEIRA, 2006, p. 37)

Efluente é todo resíduo líquido ou gasoso que, proveniente das diversas atividades humanas, são lançados no meio ambiente. Resultantes de atividades industriais, agrícolas ou dos esgotos domésticos urbanos.

De acordo com (ARAÚJO, DIAS, e BENINI, 2015), os diversos componentes presentes nos efluentes, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser tratados de maneira simples em termo das suas características, químicas e biológicas.

Na Estação de tratamento de água, a água captada de alguma fonte passa por vários processos até a sua total purificação para torná-la própria para o consumo.

As Estações de Tratamento de Esgoto são unidades operacionais do sistema de saneamento que especificamente recebem as cargas poluentes do esgoto e devolvem o efluente tratado ao meio ambiente, reduzindo os eventuais impactos ambientais que poderiam ser causados sem o devido tratamento.

Antes de o esgoto ir para a ETE, ele é direcionado para a Estação Elevatória de Esgoto. Essas unidades são responsáveis por realizar a o primeiro processo de filtragem e bombear o esgoto das áreas baixas para a ETE que estão em um nível mais alto.

Quando o sistema de ETE ocorre alguma falha no sistema elétrico que interrompe o sistema de bombeamento, ocorre o transbordo de esgoto devido ao enchimento excessivo do tanque de contenção, e esse esgoto sem tratamento atinge o meio ambiente. Os problemas mais comuns são problemas no comando de acionamento das bombas e a queima das bombas.

Segundo (MOUBRAY, 1997), quanto maior a complexidade do equipamento em níveis de automação ou grandes quantidades de elementos utilizados em um painel de comando, maior a probabilidade de ocorrer uma falha.

Devido à alta complexidade do painel de comando e a inúmera quantidade de elementos eletromecânicos utilizados para fazer o controle de acionamento, uma simples falha se torna difícil de ser diagnosticada e reparada no meio de tantos componentes. Esse tempo alto de diagnóstico e reparo da falha resulta em mais esgotos despejados no meio ambiente sem os devidos cuidados.

Painéis de comando de automação de sistemas, utilizando-se apenas de componentes eletromecânicos e dispositivos auxiliares são passíveis de falhas constantes. Com a utilização do CLP além de aumentar a confiabilidade do equipamento, pode-se ainda acrescentar novos elementos de automação agregando maior segurança, tais como:

- Acesso remoto do sistema;
- Utilização de supervisórios de monitoramento;
- Utilização de sensores e instrumentos para telemetria¹ do sistema;

Tipos de sensores para a telemetria:

- Monitoramento de temperatura;
- Monitoramento de gases e fumaça;
- Monitoramento de umidade;
- Monitoramento de corrente;
- Monitoramento de tensão;
- Entre outros;

Através da telemetria e supervisórios de monitoramento remoto será possível mensurar e diagnosticar algumas falhas com antecedência. Sendo assim, se o rolamento da bomba de drenagem apresentar início de desgaste, será notificado e diagnosticado através da alteração da corrente da bomba de drenagem durante o seu pleno funcionamento. Desta forma, problemas como estes que diagnosticados precocemente, poderão ser monitorados e feito o acompanhamento para verificar a tendência de falha, e a troca serem programada e realizada com segurança.

Acionamento direto em bombas e motores de grande porte sem controle de partida causa o aquecimento das bobinas e conseqüentemente diminui a vida útil da isolação das bobinas, e com o passar do tempo ocorre à queima dele. Utilizando inversores de frequência para fazer o gerenciamento de partida, há redução nos custos gastos com energia e o aumento da vida útil do equipamento gerenciado.

A pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle mais eficiente na gestão do nível do tanque de armazenamento de efluente e acionamento dinâmico das bombas de drenagem, dispondo de um painel de comando simples que permita um diagnóstico e reparo de uma falha de forma ágil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do sistema mais seguro e econômico de gerenciamento da unidade de tratamento de esgoto, foram utilizados os seguintes componentes listados abaixo.

Figura 1: CLP compacto



Fonte: O autor.

Características:

- Modelo: TM221CE24T;
- Fabricante: Scheneider Electric
- Alimentação: 24vcc;
- Entradas digitais: 14
- Saída digital: 10
- Entrada analógica: 2
- Sinal de entrada e saída: PNP
- Quantidade: 1
- Valor: R\$4.600,00

Figura 2: Inversor de frequência



Fonte: (CSA , 2020)

Características:

- Modelo: CFW 11
- Fabricante: WEG
- Potência nominal: 40 CV
- Tensão entrada: 220 v
- Corrente saída: 86 A
- Quantidade: 2
- Valor: R\$37.314,00

Figura 3: Sonda de nível



Fonte: (WIKA, 2020)

Características:

- Modelo: LH10
- Fabricante: WIKA
- Tensão entrada: 220 v
- Tipo de sinal: analógico
- Sinal de saída: 4 a 20 mA
- Quantidade: 1
- Valor: R\$1300,00

Mediante várias ocorrências de transbordo na estação de esgoto da cidade de Quintana – SP foi listado quais problemas que contribuíram para esses acidentes ambientais tais como:

1. Alto número de falhas no comando de acionamento das bombas;
2. Tempo excessivo para diagnóstico e reparo;
3. Queima das bombas de drenagem.

Para o desenvolvimento do projeto, para eliminar as falhas 1 e 2, optou-se por um CLP compacto devido ao seu baixo custo, visto que há dois tipos de CLP's no mercado: os compactos e os modulares.

O CLP modular é composto basicamente de módulos individuais, cujos esses podem ser removidos ou adicionados. São utilizados em processos que necessitam de mais versatilidade e de um número maior de entradas e saídas.

Módulos:

- Unidade Central de Processamento;
- Fonte de Alimentação;
- Módulos de Entrada/Saída
- Módulo de Temperatura
- Rack.

O CLP compacto contém todos os recursos necessários para funcionamento dentro de uma mesma cápsula de armazenamento. Eles têm uma aplicação muito grande na indústria para a realização de pequenos projetos de automação. Basicamente, os CLP's compactos são capazes de realizar as mesmas funções de um CLP do tipo modular, porém eles são limitados as variáveis de controle, ou seja, sua capacidade de processar sinais de entrada e saída são limitadas.

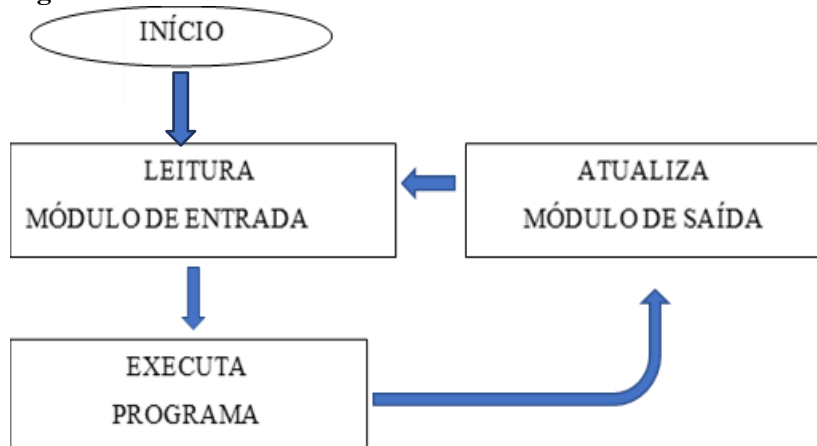
“... CLP (controlador lógico programável) ou CP (controlador programável) é um dispositivo físico, eletrônico, que possui uma memória interna programável capaz de armazenar sequências de instruções lógicas...” (ROSÁRIO, 2005, p. 283)

O CLP trabalha conforme as linhas de programação em sua memória, e essas por sua vez se alteram quando informações são recebidas do ambiente externo através das suas entradas analógicas e/ou digitais. São diversos os números de equipamentos utilizados para serem utilizados para o envio de informações, como sensores, receptores, transdutores, botões, fins de curso, entre outros. Esses sinais são coletados pelos módulos de entrada do CLP, e a unidade de processamento faz a varredura do programa linha por linha, denominado SCAN, executando as saídas digitais e/ou analógicas conforme a lógica empregada através dos Módulos de Saída e o processo se repetem ciclicamente. A Figura 4 representa o fluxograma de funcionamento de um CLP.

O tempo de SCAN de um CLP é o tempo necessário para ler, processar e executar todas as linhas de comando dentro de sua memória. Quanto mais rápido esse ciclo maior a precisão e credibilidade do CLP. O tempo de SCAN se modifica de acordo com a quantidade

de funções para processar e da quantidade de módulos que estão acoplados a unidade de processamento. Quanto maior a quantidade de módulos, mais lento é o ciclo de SCAN.

Figura 4: Ciclo de SCAN



Fonte: o autor.

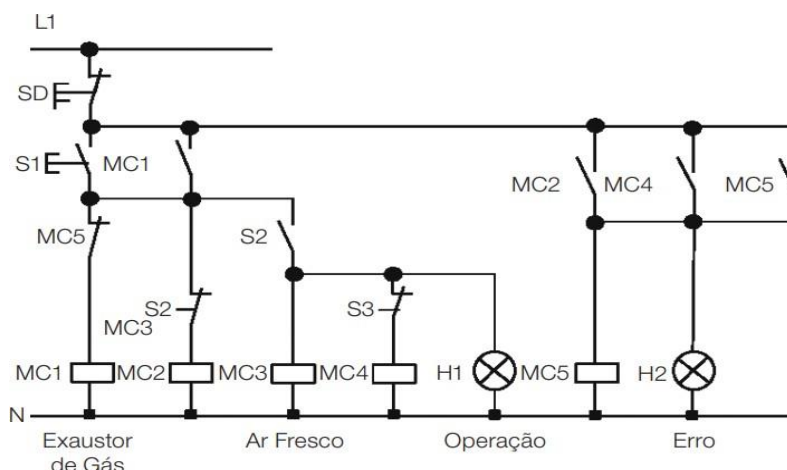
A linguagem de programação concede ao operador a liberdade de desenvolver lógicas de acionamento, segurança, temporizadores, contadores, selos, cálculos matemáticos entre outras coisas, não sendo possível aplicar em comando apenas de componentes elétricos.

Existem vários modos de programação que se altera de fabricante para fabricante, sendo os principais, o sistema em blocos, ladder, statement list e linguagem C.

“LADDER é uma linguagem gráfica baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização de circuitos de comandos de acionamentos.” (FRANCHI & CAMARGO, 2013, p. 106)

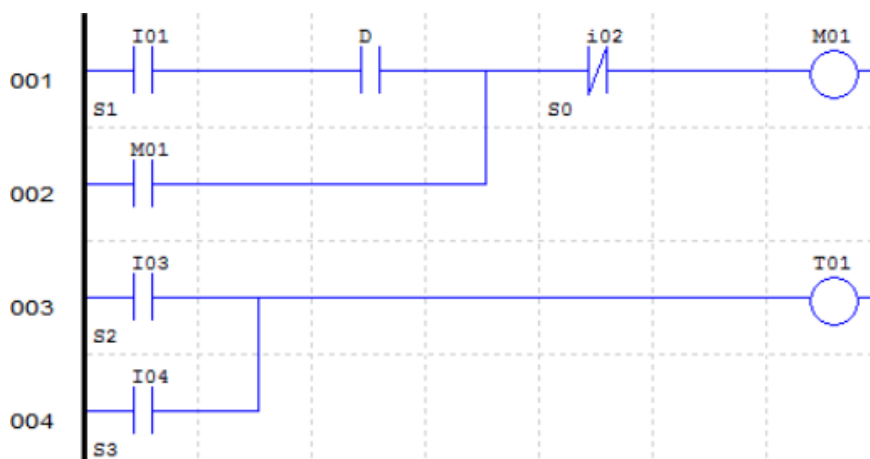
O funcionamento e interpretação da linguagem LADDER permite ao usuário verificar o que o programa irá executar em um determinado momento, ou quando uma entrada em específico for acionada. A leitura é similar a de um diagrama elétrico de comando, contudo as linhas de comando no esquema elétrico são verticais e no Ladder são horizontais conforme abordado nas figuras 5 e 6 abaixo.

Figura 5: Esquema elétrico



Fonte: (WEG, 2020)

Figura 6: Programa em modo LADDER



Fonte: Modificado de (WEG, 2020)

O painel de comando era todo eletromecânico, ou seja, utilizava relés, contadores e temporizadores, e a lógica de funcionamento era através do jogo de contatos auxiliares entre abertos e fechados de cada elemento eletromecânico utilizados no comando. Desse modo, o painel necessita ter inúmeros elementos ao qual esse número eleva-se de acordo com a complexidade do projeto. Com a utilização do CLP o painel de comando foi reduzido em 70%. Os elementos eletromecânicos utilizados para a lógica de funcionamento foram todos removidos, ficando apenas os elementos de proteção e alguns contadores utilizados para acionamento de cargas externas e sinalização. Os contadores de carga ainda permanecem, visto que as saídas dos CLP's são apenas utilizadas para comando e/ou acionamento de pequenas cargas usualmente limitadas entre 2 a 10 amperes.

Os inversores utilizados no acionamento das bombas têm papel fundamental e impacto significativo na vida útil e consumo desses equipamentos.

- Vida útil

Para a falha 3, verificou-se que as bombas trabalham em regime de ligar e desligar com certa frequência, e esse ligar e desligar em curtos intervalos de tempo, causando o aquecimento das bobinas e reduzindo a capacidade de isolamento da mesma, e com o passar do tempo provoca o curto-circuito e danos ao equipamento, figura 7.

Figura 7: Motor queimado por falha na isolação



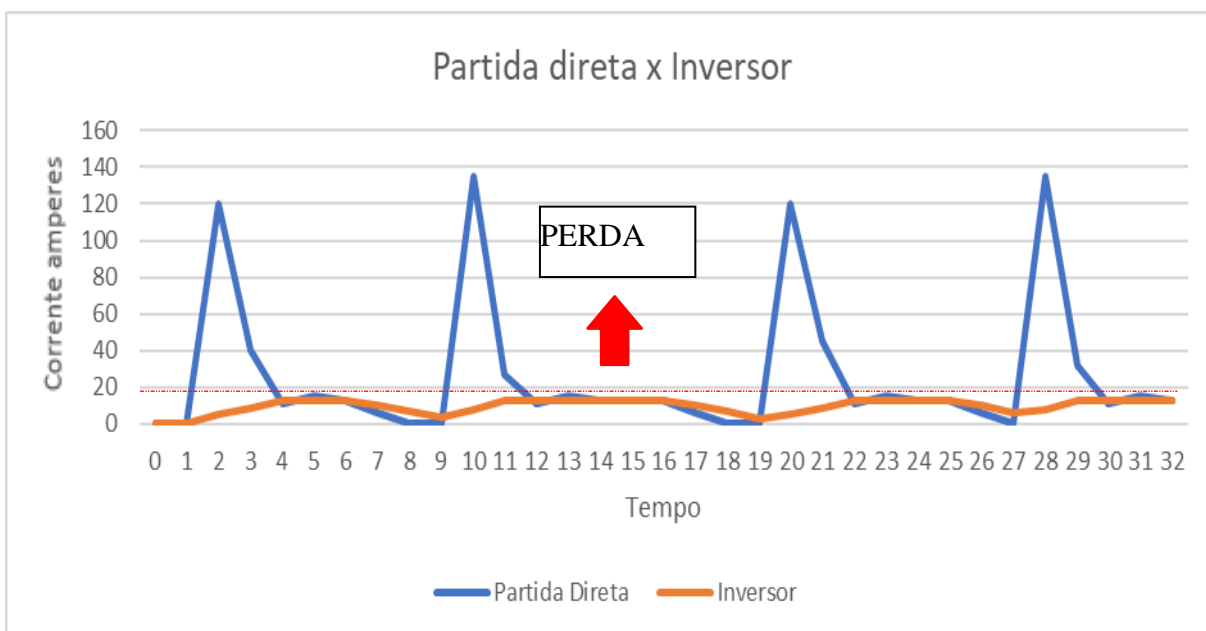
Fonte: (MOTORES, 2020)

- Consumo

Os motores elétricos quando ligados diretamente a energia elétrica geram um pico de corrente aproximadamente de oito vezes a sua corrente nominal, figura 8. O pico é gerado quando o motor é energizado, pois o rotor encontra-se em repouso, e é necessário um alto campo magnético produzido pelas bobinas para fazer que ele se movimente a partir da velocidade zero até atingir sua velocidade plena. O pico de corrente ocorre desde a partida (rotor parado) até 90% de sua velocidade nominal, a partir de 90% a corrente decresce conforme a velocidade de trabalho.

A redução no consumo de energia contempla-se em eliminar os picos de correntes durante as partidas, isso se deve ao controle das rampas de aceleração e desaceleração da velocidade durante a partida e parada do motor.

Figura 8: Comparativo corrente durante a partida



Fonte: o autor

Com a implantação dos inversores, a quantidade de partidas das bombas foi reduzida consideravelmente.

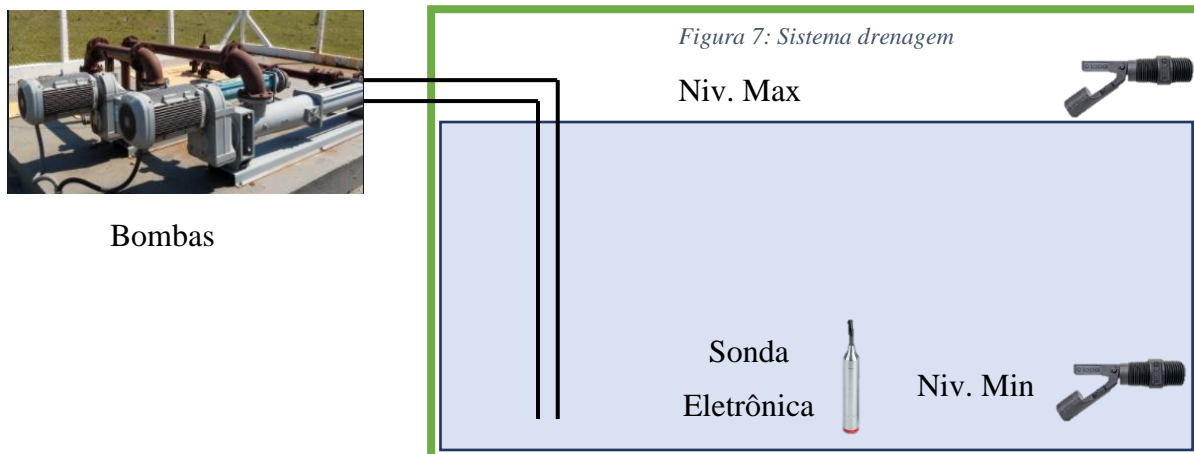
No processo antigo, a bomba era ligada quando o sensor de tanque cheio era acionado e em pouco tempo o tanque esvaziava-se e o sensor de nível mínimo era acionado e por sua vez a bomba desligada. Esse processo ocorria de forma cíclica dezenas de vezes ao dia.

Após a reforma do painel para o novo sistema de comando e acionamento mais inteligente, as bombas passaram a trabalhar com velocidades aleatórias de forma a reduzir a quantidade de envio de esgoto quando o nível está baixo e aumento da velocidade quando o nível está alto, dessa forma o motor passa mais tempo ligado, reduzindo o número de partidas e aumentando a sua vida útil,

Para esse sistema foi necessário a instalação de um sensor ultrassônico para medir o nível do tanque, figura 9. Medidores de níveis físicos foram instalados como segurança redundante, pois em uma possível falha do sensor ultrassônico, o sistema continua operando dentro do nível permitido. Os medidores de nível indicam o nível mínimo e o máximo do tanque. Quando o nível mínimo é acionado, a bomba é desligada para não operar sem água evitando danos na bomba. Quando o nível máximo é atingido, a bomba reserva é acionada para ajudar na retirada do esgoto, isso ocorrerá se houver uma alta demanda de esgoto,

chegando não estação ou se ocorrer uma falha na bomba principal. Caso haja um problema na bomba de drenagem, uma sistema de discagem é acionado notificando a equipe de manutenção.

Figura 9: Novo sistema



Fonte: o autor

A sonda eletrônica mede a pressão da coluna de água, o sinal enviado é de 4 a 20mA, sendo 4 mA tanque vazio e 20 mA a pressão máxima do fundo de escala da sonda.

A pressão na sonda aumenta ou diminui gradativamente conforme a variação do nível e uma saída analógica do CLP são enviadas para o inversor para que a rotação da bomba aumente ou diminua, essa rotação é controlada pela frequência do inversor, que varia entre 30hz na velocidade mínima e 60hz na velocidade máxima. Conforme o sensor indica o aumento do volume de esgoto, o CLP requisita que o inversor acelere a velocidade da bomba, para que haja um equilíbrio do esgoto que entra e o que a bomba está retirando do tanque, e o processo inverso ocorre da mesma forma, se o nível do tanque estiver baixando a rotação da bomba é diminuída.

Através desse equilíbrio entre a entrada e saída, a bomba passa a trabalhar quase que ininterruptamente evitando as partidas desnecessárias. Com a redução no número de partidas, a vida útil do equipamento passa a ser maior bem como uma redução considerável no consumo de energia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 10: Painel sem CLP x painel com CLP



Fonte: o autor

Como se pode observar na figura acima, podemos claramente evidenciar que o painel sem CLP, figura da esquerda, possui mais componentes de acionamento, módulos auxiliares e quantidade de fios de ligação entre os componentes. Desse modo com a maior quantidade de elementos, a equipe de manutenção acaba sendo prejudicada em realizar um diagnóstico e reparo rápido, isso se deve a quantidade de equipamentos que podem apresentar uma falha bem como interpretar e compreender a complexidade do extenso diagrama de comando e potência do painel de comando.

O CLP descarta as partes de lógicas de comando por elementos auxiliares para realizar selos, intertravamentos, bloqueios, controle de tempo, entre outras funções. Todas essas funções presentes em um painel de comando sem CLP, não são mais necessárias, pois tudo é feito internamente nas linhas de programação do CLP, reduzindo a quantidade de equipamentos dentro do painel e deixando o diagrama elétrico mais enxuto favorecendo uma análise de diagnóstico mais rápida.

Com a redução dos elementos auxiliares o painel deixou de apresentar falhas rotineiras de mau contato e/ou de componentes travados mecanicamente devidos falha mecânica interna por fadiga das molas.

Após alguns meses de teste do novo sistema, observou-se que o consumo total da unidade de bombeamento houve uma redução no consumo de energia. Em média a estação de tratamento gastava 8174KW/mês, após a implantação do novo sistema, a média foi para 6923 kW/mês, redução de 1251 kW no consumo de energia.

Para efeito de cálculo fictício, se adotar esse valor como média teríamos:

Média: 1251kw Preço kW: R\$ 0,66

$$(1251 * 12 * 0,66) = R\$9.907,92$$

No período de um ano a economia energética da unidade seria no valor de R\$9.907,92.

O valor gasto no projeto foi de R\$43.214,00, com o ganho na redução na conta energética o valor investido retorna em aproximadamente quatro anos.

No sistema antigo o número de partidas ultrapassava cerca de centenas de partidas por dia, após a alteração, o número de partidas reduziu em mais de 90%, sendo que durante o dia a bomba de drenagem está trabalhando praticamente de forma contínua e apenas no período do noturno que a bomba é desligada devido à baixa demanda de emissão de esgoto e o sistema desliga automaticamente por nível de esgoto muito baixo.

4. CONCLUSÃO

Através desse estudo, foi comprovada a eficácia do projeto, cujo quais os objetivos de ter um sistema mais confiável, reduzir custos com manutenção e economia de energia foram alcançados. Com a implantação do CLP e a otimização do painel de comando quanto à redução dos elementos eletromecânicos antes utilizados para a lógica de funcionamento da estação, ficou muito mais rápido e fácil diagnosticar e efetuar os reparos durante uma manutenção corretiva. Desde a implantação do novo sistema não houve nenhum caso de transbordo da unidade no período de 50 dias, sendo que a média era de cinco ocorrências mensais.

Com a diminuição em mais de 90% no número de partidas da bomba de drenagem, essa diminuição resultará em uma fatura energética menor. O motor trabalhando de forma contínua por períodos longos garantem uma longevidade maior ao isolamento das bobinas, reduzindo os curtos entre estator e rotor. Diante de todos os fatos aqui argumentados e mediante aos resultados dos testes realizados no projeto desenvolvido e implantando na estação elevatória de esgoto na cidade de Quintana-SP, pode-se declarar com alegria que o propósito do desenvolvimento de um sistema mais confiável e com baixo consumo de energia foi um sucesso. O sistema ainda tem a possibilidade de ser aprimorada, como a instalação de medidores de fluxo para saber a quantidade exata do volume de esgoto que está chegando à

estação de tratamento. A possibilidade de instalar um sistema supervisorio para acompanhamento e efetuar manobra de toda a estação de forma remota.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R. R.; DIAS, L. S; BENINI, S. M. **Água: Tratamento, efluentes e lodo**. Tupã - SP: ANAP, 2015

CSA Automação Industrial. **Inversor de Frequência WEG CFW11 - CFW110105T2SZ**. Disponível em < <https://csaautomacao.com.br/store/inversor-de-frequencia-weg-cfw11-cfw110105t2sz.html> > Acesso em 27 de maio de 2020.

FRANCHI, C; CAMARGO, V. **Controladores Lógicos Programáveis – Sistemas Discretos**. São Paulo - SP: Érica, 2013.

MOTORES, B. **Bezerra Motores. Fonte: Bezerra Motores**. Disponível em < <http://bezerramotors.com.br/queimas-de-motores-eletricos/causas-de-queima-de-motores-eletricos/> > Acesso em 18 de agosto de 2020.

MOUBRAY, J. **Reliability - centered Maintenance**. New York: Industrial Press Inc, 1997.

OLIVEIRA, E. J; MOLICA, R. J. **A poluição das águas e as cianobactérias**. Recife - AL: Agência Nacional de Águas, 2017.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios da Mecatrônica**. São Paulo - SP: Pearson, 2005.

VIEIRA, A. d. **Água para vida, água para todos: Livro das águas**. Brasília - DF: WWF – Brasil, 2006

WEG . **Micro Controlador Programavel – Clic 02**. Disponível em < <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h80/h42/WEG-rele-programavel-clic-02-3rd-manual-portugues-br.pdf> > Acesso em 18 de agosto de 2020.

WIKA do Brasil. **Medidor de nível**. Disponível em < https://www.wika.com.br/lh_10_pt_br.WIKA > Acesso em 10 de setembro de 2020.