

IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE DE BOMBEAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO FINAL DA ETE SÃO MIGUEL PAULISTA

Samuel Januario⁽¹⁾

Técnico de sistemas de saneamento, Setor de automação e instrumentação do Sistema São Miguel, SABESP-MTLL.

Graduado em ciências e tecnologia e licenciatura em química pela UFABC, graduando em engenharias química e mecatrônica pela UNISA. Aluno de programa de pós-graduação em engenharia química da UNIFESP-SP.

Jorge Luis de Souza⁽²⁾

Técnico de sistemas de saneamento, Setor de manutenção eletromecânica do Sistema São Miguel, SABESP-MTLL.

Endereço⁽¹⁾: Rua Joao Lopes Maciel, 465 - Cidade Nitroquímica - São Paulo - SP - CEP: 08090-040 - Brasil - Tel: +55 (11) 98404-5284 - e-mail: sjanuario@sabesp.com.br.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é o de evidenciar o sucesso e vantagens de se executar um projeto de instalação e controle de bombas elevatórias, aproveitando a expertise e conhecimento do corpo funcional presente na empresa. As metas do projeto eram modernizar o sistema de controle, otimizar infraestrutura, melhoria de performance e melhor preservação da bomba, geração e compartilhamento de dados operacionais das bombas. O trabalho abrangeu desde a concepção do funcionamento, montagem do painel de controle, alocação do painel, ligações elétricas e de instrumentação, desenvolvimento da lógica de controle e o acompanhamento para refino do projeto.

Os recursos necessários foram:

- Aquisição do controlador lógico programável (R\$ 92.000,00);
- Painel de instrumentos para acomodar os novos transmissores dos sinais das bombas (R\$ 00,00 reaproveitado das instalações da ETE);
- Horas de trabalho da equipe para montar, projetar e testar o sistema (Cerca de 400 horas ou 2 meses).

Por conta do painel de instrumentos instalado mais próximo da bomba e a facilidade transmitir as informações dos instrumentos de forma digital (via protocolo *modbus tcp – Ethernet*), reduziu-se bastante a quantidade de cabos em relação ao sistema antigo.

Como resultado houve um aumento do volume de esgoto tratado na estação, o tempo de funcionamento da bomba que passou para mais de 20 horas por dia.

PALAVRAS-CHAVE: ESTAÇÃO ELEVATÓRIA, VAZÃO, *RETROFIT*.

INTRODUÇÃO

Glossário

ETE: Sigla para Estação de Tratamento de Efluentes ou Esgotos.

CLP: Controlador Lógico Programável - é um computador especializado que desempenha funções de automação.

ETHERNET: é uma arquitetura de interconexão para redes locais - Rede de Área Local - baseada no envio de pacotes.

IHM: Trata-se de uma aplicação em uma tela, que facilita e torna mais eficiente a comunicação entre pessoas e máquinas.

ITI-xx: Interceptores Intermediários. São estações de bombeamento que enviam esgoto para a ETE

MODBUS: é um Protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial.

PID: Controlador proporcional integral derivativo ou simplesmente PID, é uma técnica de controle de processos que une as ações derivativa, integral e proporcional, fazendo assim com que o sinal de erro seja minimizado pela ação proporcional, zerado pela ação integral e obtido com uma velocidade antecipativa pela ação derivativa.

PT-100: Acrônimo para dispositivo ou detector de temperatura por resistência. Um Pt-100 funciona segundo o princípio da alteração da resistência elétrica nos fios como uma função da temperatura.

Ziegler & Nichols: é um método heurístico de ajuste de um controlador PID. Foi desenvolvido por John G. Ziegler e Nathaniel B. Nichols.

A Estação de Tratamento de Esgotos São Miguel situa-se na zona leste do município de São Paulo, ao Lado da Rodovia Ayrton Senna, à direita da pista sul na altura do km 24, e está contida no Parque Ecológico Tietê, de propriedade do DAEE. Em operação desde junho de 1998, o esgoto contribuinte à ETE é proveniente dos municípios de Guarulhos, Arujá, Itaquaquecetuba e parte do município de São Paulo. Esses esgotos chegam à ETE conduzidos pelos interceptores ITI-15, ITI -14 e, em etapa futura pelo ITI -13. O processo de tratamento da ETE São Miguel é do tipo Lodos Ativados Convencional, constituído por duas fases: líquida e sólida.

O controle do sistema de bombeamento da estação elevatória final da ETE São Miguel apresentava diversos problemas como vida útil do grupo de bombeamento, vazão de tratamento da estação abaixo do esperado, cotas altas nos interceptores e problemas relacionados a eficiência energética, como baixo rendimento dos grupos de bombeamento, excesso de partidas dos conjuntos e altas cotas no poço de sucção, que se mostra extremamente prejudicial para esse equipamento de grande porte e alto custo. Segundo ¹Van Haandel e Marais (1999), variações bruscas na vazão afluente impactam negativamente no controle de Oxigênio Dissolvido (OD) nos tanques de aeração.

A implantação do controle foi acompanhada por consultor dentro do próprio grupo de funcionários da estação, especializado em bombas, provendo aconselhamento nos aspectos hidráulicos.

Objetivos.

A realização deste programa tem relação com o Objetivo Estratégico⁶ - OE 5 “ Operar os Sistemas com Eficácia (mantendo as vazões dentro dos parâmetros de projeto) “ e tem interface com o Objetivos Estratégico - OE4 “ Otimizar processos” (mantendo os níveis dos extravasores baixos) e com o Objetivo Estratégico - OE6” Minimizar os riscos ambientais e regulatórios” (evitando extravasões de esgotos e retorno às casas, por exemplo).

Dentro da perspectiva sustentabilidade o presente trabalho tem relação significativa com a Eficiência energética, acompanhado através do indicador Índice de Eficiência Energética (IEE). Dentro da perspectiva processos tem relação direta com o objetivo "Operar sistemas com eficácia" e "Otimizar processos".

Em termos de Planos Oficiais, o Programa se relaciona com o contrato de concessão do saneamento de São Paulo para a SABESP, e seu sucesso contribui para o atendimento das metas de melhoria do indicador ISc04 - Indicador de mitigação de impactos ambientais.

METODOLOGIA UTILIZADA.

Este trabalho foi executado de maneira multidisciplinar, com contribuição de várias equipes da Unidade:

- Lideranças (Gerências e encarregados de Operação e manutenção das ETE-SMP) determinaram a necessidade de uma solução para a elevatória final, baseados no relacionamento com o cliente (ML). Após a fase de implantação confirmaram as melhorias e apresentaram as definições de funcionamento para as próximas fases do programa.



- A equipe de Automação/Instrumentação buscou no mercado solução para colocar a elevatória final da ETE São Miguel em funcionamento, além de modernizar seu painel e resolver problemas referentes a restrições do antigo comando quanto aos controles, segurança, e redução do consumo de energia. Inicialmente contratando a aquisição do hardware necessário e posteriormente em sua instalação e comissionamento;
 - A equipe mecânica com vasta experiência em grupos de bombeamento de esgotos, atuou em conjunto com a equipe de automação/instrumentação dando as diretrizes de como esse equipamento de grande porte deveria funcionar, de acordo com a curva da bomba, características hidráulicas e afins;
- A Equipe responsável pela execução do projeto e seu respectivo líder foram escolhidos seguindo alguns critérios como: experiência em diferentes áreas, interesse e afinidade com a área tecnológica, e nível de conhecimento das tecnologias utilizadas na solução estabelecida. As pessoas envolvidas no programa ficaram dispostas conforme descrito na tabela 1ª seguir.

Tabela 1: disposição de pessoal envolvido no projeto

Pessoas envolvidas	Cargo na Companhia	Atividade
Sílvia Viola	Gerente da Divisão de Operação	Informar as necessidades de melhoria, baseado nos resultados dos indicadores associados ao programa
Operadores	Técnicos e Operadores da planta	Fornecer informações pontuais sobre os resultados no decorrer do programa;
Fabio Isamu Ogawa (até 2019)/ Allan dos Anjos Pestana (desde 2019)	Encarregado de Automação e Instrumentação	Programação das atividades pertinentes ao programa, como negociação de prazos, determinação de datas para execução dos serviços e acompanhamento dos resultados;
Samuel Januário	Técnico de Automação e Instrumentação	Responsável por agrupar e organizar as informações, projetar e montar os painéis elétricos, desenvolver a nova lógica de controle do bombeamento da elevatória e, acompanhar os resultados;
Rodrigo Alves	Encarregado de Operação	Auxiliar na criação da nova lógica, fornecer informações sobre as instalações e equipamentos e, acompanhar os resultados;
Jorge Luis de Souza	Técnico de Manutenção Eletromecânica	Fornecer informações e particularidades sobre os equipamentos, e decisões sobre as características da curva da bomba e particularidades hidráulicas;

A projeto de controle tinha como premissa garantir os seguintes aspectos:

- Preservação do conjunto motor/bomba, garantindo que seu funcionamento dentro dos limites de temperatura e vibração e com garantia de que não falte água de selagem durante sua operação.
- Garantir que o nível do poço de sucção mantenha-se abaixo de 70%, num primeiro momento e, manter a vazão afluyente o mais constante possível ao longo do tempo;
- Refinar o controle de modo que o conjunto de bombeamento opere dentro de sua curva característica de projeto.

A montagem física do conjunto de controle e de bombeamento pode ser visto na figura 1, 2 e 3.



Figura 1 – conjunto motor bomba da primeira fase do projeto.



Figura 2 – painel de controle e controlador lógico (CLP) utilizado no projeto.



Figura 3 – telas de operação do conjunto desenvolvido.

Para o projeto de automação houve encontros com os fornecedores dos equipamentos, a saber: Schneider Electric do Brasil⁴, na pessoa do consultor Raul, que deu um aporte inicial de instruções para a equipe de automação iniciar o desenvolvimento da lógica de controle, com o software *Unity-pro*. A empresa NOVUS automação⁵, na pessoa do engenheiro Gabriel, forneceu instruções de uso o programação do transmissor *fieldlogger*. Na primeira etapa do projeto, após a montagem física dos painéis era necessário realizar a aquisição dos dados dos sensores de temperatura (pt-100) e pressão (sensores sísmicos de vibração pico-a-pico). Foi instalado um painel próximo à bomba que recebia os sinais desses sensores, como mostrado nas figuras 4.



Figura 4 – montagem do painel de instrumentação com os transmissores NOVUS fieldlogger.

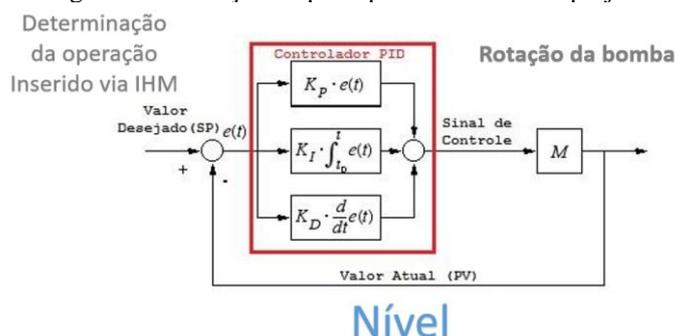
Os sensores de vibração e temperatura tem o aspecto como os da figura 5. Há um total de 6 sensores de vibração e 10 de temperatura e 1 sensor de pressão da linha de água de selagem para serem monitorados. O transmissor era conectado aos sensores por fios metálicos e envia as informações lidas ao *CLP* via protocolo *modbus-TCP*, por um cabo *ETHERNET*.



Figura 5 – sensores de vibração (a esquerda), de temperatura (centro) e de pressão (a direita).

Cada sensor monitora uma parte da estrutura da bomba ou do motor e tem seus limites determinados pelo fabricante do conjunto. Se algum dos sensores detectar sua variável fora desses limites a bomba deverá ser desligada para evitar maiores danos e só permitir religamento após a leitura voltar aos limites determinados. O controle de funcionamento da bomba é baseado em um algoritmo PID, ajustado primariamente via método de Ziegler-Nichols, onde a variável de processo (PV) é o nível do poço de sucção, o ponto de ajuste (SP) é determinado pela operação da estação e inserido pela IHM do controlador e a variável controlada (MV) é a rotação da bomba. A figura 6 mostra o princípio de funcionamento da lógica de controle.

Figura 6 – descrição do princípio de controle do projeto



Resultados Obtidos

Após instalações e parametrizações iniciais o conjunto entrou em operação no começo do ano de 2019 e assim iniciou-se a verificações de resultados. Cabe ressaltar que a instalação do conjunto motor/bomba/inversor de frequência, painel de controle e painel de instrumentação levaram cerca de 6 meses até serem concluídos. Isso se deve ao fato de a equipe envolvida no desenvolvimento também ter responsabilidades com a manutenção do restante da estação de tratamento, não conseguindo realizar o projeto com dedicação exclusiva. Somando todas as horas de trabalho chegar-se-ia em, aproximadamente, 2 meses de trabalho contínuo.

A média dos valores do indicador “índice de Eficiência Energética” (IEE) entre janeiro de 2016 e março de 2019 foi de 0,385 e entre abril de 2019 e abril de 2020 foi de 0,307, valor 20,25% menor. A figura 7 mostra o comportamento do indicador acima citado.

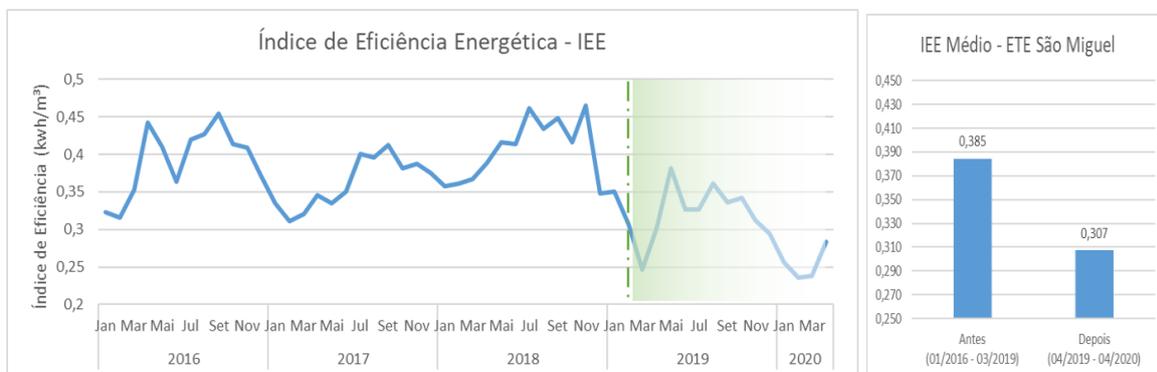


Figura 7 – evolução do indicador de eficiência energética antes e durante a implantação do projeto. Fonte relatórios de operação da ETE São Miguel Paulista.

Benefícios ambientais foram obtidos através do aumento da vazão de tratamento da Estação, que podem ser observados no indicador “Vazão Afluente a ETE”. Entre janeiro de 2016 e março de 2019 a média foi de 1049 l/s. E entre abril de 2019 e abril de 2020 a média foi de 1327, valor 26,50% maior. Para esse indicador quanto maior seu valor em relação ao tempo, melhor (figura 8).



Figura 8 – evolução da mediana de vazão afluente antes e durante a implantação do projeto. Fonte relatórios de operação da ETE São Miguel Paulista.

Após a implementação do trabalho e melhoria no controle da Elevatória final da ETE São Miguel, foi possível reduzir o nível médio encontrado no poço úmido, que é um benefício importante para a vida útil da bomba. Entre janeiro de 2016 e março de 2019 a média foi de 85% e entre abril de 2019 e abril de 2020 a média foi de 70%, valor 17,64% menor. A figura 9 ilustra esse comportamento.

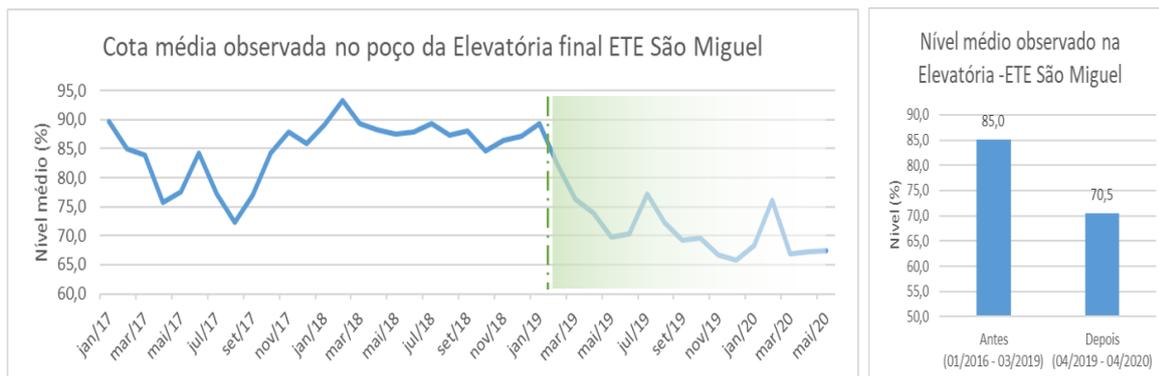


Figura 9 – evolução da medias do nível do poço de sucção das bombas da elevatória final antes e durante a implantação do projeto. Fonte relatórios de operação da ETE São Miguel Paulista.

Foram obtidos ganhos intangíveis após a implementação do trabalho, por exemplo, tendo as malhas operando em automático, o trabalho manual dos operadores no controle da elevatória diminui, tornado o processo mais autônomo.

Depoimento, do Encarregado da operação: “É notório que após a intervenção da equipe de Automação em conjunto com a eletromecânica no controle de rotação da bomba da EEEB em relação ao nível do poço só obtivemos resultados positivos, o qual destaco: Para o interceptor - menor acúmulo de material arenoso/matéria orgânica; Para os DP's (Decantadores Primários) evitando o aumento de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) particulada, matéria orgânica no estado anaeróbio (geração de camada de espuma, odor desagradável) e alta concentração de sulfeto (elevado consumo de energia elétrica nos TA's [Tanques de Aeração]); e Operacionalidade dentro da curva da bomba, mantendo o equipamento dentro da faixa de rendimento e operação.”

Depoimento, Técnico operacional: “Verificado que a alguns dias, notei que a Bomba da EEE final está mantendo o Nível constante e estável, nos dando condições para tomarmos decisões operacionais; que influenciam diretamente nas condições de Qualidade do Efluente Final; Agradeço a todos os colaboradores. ”

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como nenhum outro setor do tratamento sofreu alteração nesse período pode-se atribuir que essa diminuição se deveu à alteração do conjunto de bombeamento na elevatória final. Esses dados apesar de darem uma dimensão da importância do trabalho, ainda assim, poderiam ser mais representativos, caso houvesse, por exemplo, medição de energia setORIZADA em cada uma das etapas do processo da estação.

No gráfico de vazão afluente as medias tem-se uma média das duas estações elevatórias externas à ETE (ITI-14 e ITI-15, que envia o esgoto para a elevatória final de São Miguel) e não há medição individualizada para qualquer uma delas. Como o ITI-14 não sofreu qualquer alteração durante a implantação deste programa pode-se atribuir o aumento da vazão média a este.

Sobre a cota média do poço de sucção da elevatória tem-se uma aquisição de dados muito espaçadas devido ao fato de que os operadores realizavam a leitura em determinados horários do dia e anotavam essa informação em uma planilha de dados. Portanto a média era composta por apenas duas ou três anotações diárias.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O projeto de *retrofit* do sistema de bombeamento da estação elevatória de esgoto final da ETE São Miguel Paulista é um projeto de melhoria operacional com objetivos de aprimorar o sistema de tratamento, diminuir o consumo de energia elétrica, atender metas de tratamento e cumprir acordos com clientes internos e externos. Nas etapas implantadas até a conclusão deste relatório cumpriu-se parcialmente todos esses objetivos. Pela análise dos resultados pode-se inferir que muitos dados precisam de refinamento, com melhor aquisição de dados e refino da lógica de controle. As próximas etapas do projeto pretendem resolver essas deficiências.

Encontra-se em fase de implantação um sistema de enlace de fibra ótica que permitirá comunicação digital da elevatória final com o sistema supervisor, que proporcionará melhor condição de controle (tempo real), tratamento e armazenamento dos dados lá gerados, com possibilidade de compartilhamento com todas as partes interessadas da empresa.

Também está em desenvolvimento um refino para a lógica de controle com vistas a reduzir o nível de trabalho do poço, aumento do rendimento da bomba, melhorando ainda mais as condições dos extravasores do cliente ML, diminuindo o risco de extravasamento de esgoto não tratado em córregos e seu retorno a casas de clientes residenciais.

Esse projeto apresentou um custo de implementação reduzido por empregar mão-de-obra própria e reaproveitamento de infraestrutura. Proporcionou enriquecimento técnico da equipe pela incorporação de novas tecnologias e aplicação de técnicas oriundas de literaturas² e também o fortalecimento da relação de confiança e parceria entre equipes de automação, eletromecânica e operação.

Os bons resultados motivaram as lideranças locais a solicitarem outro *retrofit* em outra etapa do tratamento da estação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Van Haandel, Adrianus Cornelius, and Gerrit Marais. "O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operação." *O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operação*. 1999. xiii-472.
2. MACINTYRE, Archibald Joseph. Bombas e instalações de bombeamento. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.
3. EBARA CORPORATION – PLANNING AND DESIGN OF PUMPING WORKS.
4. <https://www.se.com/br/pt/product-range-download/62098-modicon-m580---epac/#/documents-tab> acessado em Outubro de 2018. Site do fabricante Schneider electric
5. <https://www.novus.com.br/site/>. Acessado em outubro de 2018. Site do fabricante NOVUS.
6. Relatório da Gestão SABESP 2019.