TECNOLOGIA IOT DE MEDIÇÃO DE VAZÃO ATRAVÉS DE ALGORITMO DE FLUXO VOLUMÉTRICO EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Adriana Verchai de Lima[(1)]
Engenheira Civil, *MSc*., Especialista em Gestão de Ambientes Promotores de Inovação, Especialista em Saneamento Ambiental, Especialista em Recursos Hídricos e Segurança de Barragens, Pesquisadora P&D + I, coordena e executa projetos e pesquisas científicas, em parceria com instituições públicas e privadas, na Gerência de Pesquisa e Inovação -SANEPAR.

Benoit Beaudoin[(2)]
Eletricista Industrial, programador e desenvolvedor do algoritmo e da tecnologia de medição de fluxo.

Rafael Francis Leite[(3)]
Engenheiro Eletricista, Especialista em Saneamento Ambiental e Engenharia de Produção e Engenharia de Segurança no Trabalho, Técnico Profissional, Eletrotécnico – SANEPAR, Gerência de Pesquisa e Inovação.

Alexandre Moreno Lisboa[(4)]
Técnico Profissional, Técnico Mecânico – SANEPAR, Gerência de Pesquisa e Inovação

Jailson Pena[(5)]
Engenheiro Eletricista, *MSc.*,Especialista em Ciência de Dados, em Teleinformática e Redes de Computadores, em Instrumentação Industrial, Técnico em Eletrônica e em Operação de Petróleo e Gás– SANEPAR, Gerência de Pesquisa e Inovação.

Endereço[(1)]**:** Rua/Av. Engenheiros Rebouças, 1376 - Rebouças - Curitiba - Paraná - CEP: 80215-900 - Brasil - Tel: +55 (41) 3330-7091 – Celular; +55 (41) 99682-9640 - e-mail: adrianaverchai@sanepar.com.br / verchai.adriana@gmail.com

RESUMO

A sustentabilidade das infraestruturas de saneamento consiste em minimizar o consumo de energia, a pegada de carbono e os custos de manutenção. Este artigo descreve como e porque o monitoramento em tempo real de vazão de bombas instaladas em elevatórias de esgoto e sua análise assertiva podem trazer benefícios para as empresas de saneamento. Seja na gestão dos ativos, no diagnóstico operacional e/ou manutenção preditiva, e/ou preventiva, com objetivo de diminuir os custos operacionais com energia elétrica, através da redução do volume bombeado. A redução desse volume diminui o desgaste das motobombas, economizando com sua manutenção e prolonga a vida útil do ativo. Frequentemente, utiliza-se um algoritmo de fluxo volumétrico "padrão" programado em muitos sistemas tais como SCADA e CLP´s , que raramente é comparado à medição de vazão ou a outros parâmetros e, quando é, não alcança todos os ativos. Contudo, o uso desta tecnologia de monitoramento que através dos dados de níveis e vazões das elevatórias de esgoto combinados com outros parâmetros, como o custo energético, permitem uma melhor gestão operacional, proporciona um histórico mais consistente para tomada de ações mais assertivas e mitigatórias e/ou preventivas, como por exemplo evitando o extravasamento de elevatórias de esgoto, problema comum e que gera um passivo enorme para as companhias, ou ainda melhorando a eficiência operacional e energética dessas unidades operacionais. O equipamento utilizado e a tecnologia empregada podem calcular com precisão o fluxo de entrada e saída, quando o nível é conhecido, por meio da altura da bomba, supervisório ou um simples sensor de nível. O equipamento de medição volumétrico, tem baixo custo, e pouca manutenção, cuja tecnologia foi testada é inovador: é um produto cujas características fundamentais (especificações técnicas, usos pretendidos, software ou outro componente material incorporado) diferem significativamente de todos outros produzidos e utilizados no mercado, agrega novas funcionalidades ou características ao processo que implique melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado. O uso de tecnologias de Internet das Coisas ou em inglês (*Internet of Things*) (IoT) descreve a rede de objetos físicos incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet.

Soluções e ferramentas para mitigar ou eliminar os riscos para as operações das *utilities* de saneamento, impactando diretamente no faturamento e imagem perante a população da empresa , evita consequentemente perda de licença de operação, perda de contratos de concessão na prestação dos serviços, perdas econômicas e ativos, devido a falha do não acompanhamento atempado de riscos ou de ocorrência do acidente/incidente.

PALAVRAS-CHAVE: elevatórias de esgoto, eficiência energética e operacional, manutenção preditiva de bombas, medidor de vazão, diagnóstico operacional

INTRODUÇÃO

O sistema de bombeamento em elevatórias de esgoto, é um dos ativos das companhias de saneamento, que demandam manutenção e operação constantes e consomem energia elétrica. Diante disto, a otimização do ativo quanto a sua operacionalidade, manutenção e vida útil , visando a eficiência operacional e energética, através de tecnologias e/ou soluções que possibilitem o diagnóstico atempado, como por exemplo antes da parada emergencial ou não programada destas bombas, alertar o extravasamento de esgoto nas elevatórias, muitas vezes ocasionado pela alta pluviosidade da região ou por entupimento, ou ainda pela parada das bombas por falta de energia ou outro problema técnico.

As empresas de saneamento passam por dificuldades com relação a qualidade, quantidade e disponibilidade de capital intelectual e humano para realização de serviços a campo, a nova tecnologia testada traz melhoria para a gestão operacional que pode, atempadamente, analisar o que aconteceu semanas atrás de modo intuitivo e rápido para tomar providências quanto a programação de manutenção e substituição de bombas.

Geralmente em estações elevatórias, uma bomba tem uma performance inferior às outras bombas, consumindo aproximadamente a mesma eletricidade. Ou seja, sua eficiência é menor, pois bombeia um volume menor por watt consumido. Bombas alternadas são a forma mais popular de operar estações elevatórias. O objetivo desta técnica é usá-los uniformemente. A realidade é que a bomba com a vazão mais baixa, que normalmente é a bomba menos eficiente, bombeará mais água do que as outras. Na verdade, elas não se desgastam uniformemente, apenas o número de partidas é par. A bomba mais cara de usar sempre funciona mais que a mais barata, desgastando-a ainda mais rápido e aumentando a diferença de eficiência entre elas.

As elevatórias com inversores de frequência e do tipo *softstar*t , e que mesmo com o inversor, as equipes de manutenção e operação são demandadas uma programação operacional , uma vez que cada sistema é diferente e opera em níveis e limites máximos/ operacional e mínimos (*ranges*) diferentes, e que pode ser otimizada com esta nova tecnologia para a economia e eficiência das bombas de acordo com a especificidade de cada elevatória.

De acordo com LEITE (2023), as elevatórias têm opções de controle e monitoramento operacional. A primeira opção, utiliza sistema de rádio para comunicação e Controladores Lógicos (CLP´s) para a interface com os elementos de campo, é necessário manter e ampliar os sistemas integrados ao SCADA, que utilizam CLP e rádio como comunicação. Historicamente este tipo de projeto se tem mostrado eficaz, operando muitas vezes além da vida útil dos equipamentos empregados. A segunda utiliza sinal de GPRS de celular para transmissão de dados através da Intranet, esta opção também utiliza CLP para interface com os instrumentos de campo. A terceira opção é implantação de um sistema de *Datalogger* para sistemas onde o sinal GPRS não fosse disponível. O único ponto negativo é a necessidade de um operador passar nas estações coletando os dados gerados, através de um canal de USB.

A tecnologia apresentada neste trabalho, junto com o medidor volumétrico pode ser uma quarta opção ou ainda integrado com as outras soluções já existentes, uma vez que é compatível com o sistema SCADA.

Ainda, pode-se explorar alternativas às tecnologias de comunicação sem fio, como o LoRaWAN, que possam oferecer maior alcance ou maior taxa de transferência, além do desenvolvimento de algoritmos de compressão de dados, permitindo o envio eficiente de uma maior quantidade de informações coletadas.

Os sistemas SCADA monitoram as estações elevatórias, mas não são otimizados para encontrar problemas que afetem os custos, esses dados brutos podem ser registrados por um sistema SCADA. A única coisa que falta pode ser o software certo com os algoritmos certos para fazer o processamento necessário para gerar os relatórios gerenciais, que pode ser feito pelo próprio software SCADA, exatamente como um sistema de contabilidade completo pode ser programado em Excel, mas que demanda tempo de programador e custos, portanto, antes de investir em um programador, que não é especialista em estações elevatórias ou em medição de fluxo, deve-se avaliar outras opções disponíveis e já desenvolvidas para este fim, que geram melhor custo benefício. Ainda com a integração com abordagens de inteligência artificial e aprendizado de máquina: A aplicação de técnicas avançadas, como algoritmos de aprendizado de máquina, no processamento e análise dos dados coletados pode viabilizar a identificação de padrões, tendências e anomalias, favorecendo a tomada de decisões proativas no monitoramento e na preservação dos ativos e do meio ambiente.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é descrever a tecnologia embarcada no medidor com algoritmo de fluxo instalados em algumas elevatórias de esgoto como desenvolvimento experimental (POC´s trabalhos sistemáticos delineados a partir de conhecimentos pré-existentes, visando comprovar a eficiência e a viabilidade do uso da tecnologia Iot dos medidores de algoritmos de fluxo volumétricos, suas interfaces com sistemas e serviços ou, com evidente aperfeiçoamento dos já produzidos ou estabelecidos, fruto da parceria estabelecido entre a Sanepar e a empresa detentora desta tecnologia, a partir da demanda por pesquisas de gestão de ativos e de implementação de diversas melhorias nos sistemas de esgotamento sanitário.
Buscar e aperfeiçoar novas metodologias para o monitoramento de vazão e bombas em tempo real das elevatórias de esgoto. Quantificar os impactos positivos gerados pelo acompanhamento em tempo real da eficiência energética das elevatórias de esgoto, visando manter os ativos com alta eficiência operacional, advindos de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário.
A solução deve contribuir com informação gerada através de dados em tempo real e/ ou atempados, visando diagnosticar a necessidade das melhorias na infraestrutura e melhorias da gestão, operação e manutenção de elevatórias, otimização visando a eficiência operacional e energética, com a diminuição de custos , seja com recursos humanos e/ou financeiros, através dos dados, de níveis e vazão de elevatórias de esgoto combinados com outros parâmetros, como o gasto de energia, com o monitoramento contínuo e remoto de diversos parâmetros, o que proporciona um histórico mais consistente para a gestão operacional e tomada ações/decisões mais assertivas e/ou mitigatórias e/ou preventivas.

METODOLOGIA UTILIZADA

Esta tecnologia foi testada pela empresa detentora da tecnologia em cerca de 150 estações elevatórias em São Diego na Califórnia, foram analisadas para obter algumas estatísticas sobre a ocorrência de altas vazões versus capacidades de bomba, e para analisar as razões pelas quais níveis elevados foram atingidos. Destas elevatórias testadas, mais de 84% das elevatórias poderiam utilizar níveis mais elevados para operar as bombas. Para os 16%, o nível de funcionamento das bombas poderia ser ajustado de acordo com a vazão. Quando a afluência é baixa, os níveis aumentam. Quando a afluência é alta, os níveis são reduzidos. Esta é uma forma simples de poupar mais de 30% na conta de energia elétrica e nos custos de manutenção, e de prolongar na mesma percentagem a elevação das bombas. Numa estação elevatória, quando a capacidade de uma bomba é x % superior, o seu tempo de funcionamento é 2x % inferior. Esta regra foi descoberta após análise de 150 estações elevatórias. A maneira mais fácil de aumentar a capacidade e a eficiência dos equipamentos existentes é simplesmente aumentar os níveis. Algumas questões podem ser respondidas de como esta solução serve para alterar os níveis de funcionamento das bombas de forma segura:
Porque nas estações elevatórias, as bombas funcionam perto do fundo do poço e não perto da entrada de água? Por razões de segurança. Se o fluxo de entrada for superior às capacidades das bombas, um volume máximo de águas residuais deve ser contido, a fim de reduzir o extravasamento resultante deste evento que esperamos ser raro. É um evento raro ou é um evento que nunca ocorreu? Ou é uma hipótese de evento impossível porque a capacidade de uma das muitas bombas é muito maior do que o pico de fluxo mais alto já registrado, de modo que simplesmente não pode transbordar.
Como os estudos de afluência e infiltração estão limitados a áreas críticas e/ ou não existem para ajudar a detectar problemas futuros. Bombear águas residuais, sejam esgoto ou pluvial ou de infiltração que nem deveria estar lá tem custo muito alto e quanto? Reduzir o volume bombeado significa menores custos elétricos e de manutenção. Antes de abordar este problema, o operador deve saber quão grave é um problema de infiltração , e se: É causado pela chuva? Quanto mais fluxo é causado pelo evento de chuva? Qual é o volume extra bombeado por causa disso? Quanto tempo leva para se recuperar de um evento de chuva? Após o início de uma chuva, quanto tempo normalmente leva para chegar à estação elevatória? É possível identificar a origem de um problema de infiltração? Todas essas perguntas têm suas respostas. A redução do volume bombeado reduz o desgaste da bomba, a manutenção e a conta de energia. Novamente, a chave para gerar estas informações é ter a ferramenta certa registrando o tipo certo de dados apresentados em um formato fácil de analisar. Como reduzir o custo de operação de uma estação elevatória? Por que dois carros idênticos não percorrem exatamente a mesma quilometragem por litro? o mesmo para as bombas novas e ainda mais para as bombas antigas.
Numa elevatória no Brasil, o nível médio de funcionamento das bombas foi elevado em apenas 7 cm, o tempo de operação da bomba foi reduzido em 9,3% todos os meses. Em outro local, o nível foi elevado em 70 cm, e a redução do tempo de execução foi de 37% permanentemente. Com os dados certos, as estações elevatórias seriam concebidas exatamente para as suas necessidades presentes e futuras, haveria indicadores que mostravam quando o equipamento chegaria ao fim da sua vida útil, o pessoal de manutenção estaria consciente dos

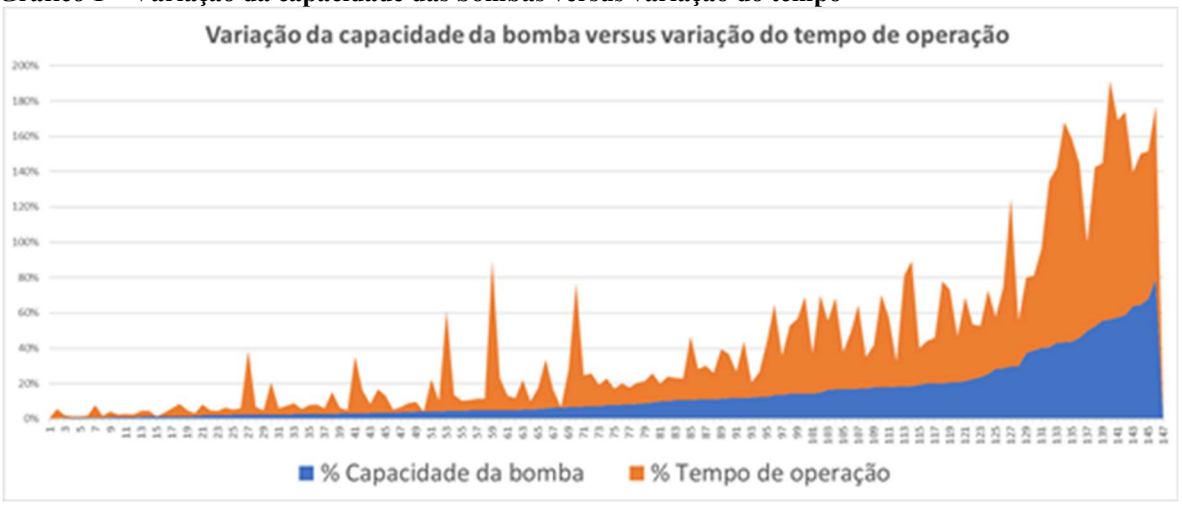
problemas enquanto as manutenções seriam menos dispendiosas de realizar e os estudos de fluxo seriam simplesmente parte da informação de rotina necessária para planear a distribuição dos recursos humanos e dos próximos projetos. Este documento explica uma forma econômica, com os dados corretos recolhidos nas estações elevatórias e descreve como reduzir a sua fatura da energia elétrica. Para fazer isso, um método de coleta dos dados será comparado com a forma usual de obter as informações, se existir alguma. Para os sistemas SCADA com enorme banco de dados histórico contendo anos de todos os tipos de dados possíveis, porém e quantidade não significa qualidade, pois monitoram as estações elevatórias, mas não são otimizados para encontrar problemas que afetem os custos, existe um software que pode fazer isso, se os dados corretos forem registrados. Dados úteis, confiáveis, atualizados, diversificados e precisos em um formato de fácil interpretação são obrigatórios para tomar as melhores decisões possíveis. Simplesmente obter quaisquer dados não é suficiente. Como obter os dados necessários? Quem criará os relatórios compreensíveis? A falta de dados apropriados ainda é a principal razão para a elaboração excessiva ou insuficiente de desempenho, a análise de vazão é necessária para fazer isso corretamente, mas também para detectar desempenho e eficiência anormais da bomba e, claro, para estudos de vazão e infiltração.

O relatório de estação elevatória deve exibir o número de partidas e o tempo de funcionamento, mas também as capacidades reais e atualizadas da bomba e a eficiência da bomba, que é o número de litros ou m3 bombeados por watts de eletricidade consumida. Este relatório também deve informar sobre infiltração, aumento no consumo de energia, sequência anormal de operações ou comportamento, margens de segurança da capacidade de bombeamento e até mesmo dinheiro perdido devido ao uso ineficiente de bombas, apenas para citar alguns. Todos esses elementos são informações que um engenheiro precisa para propor as melhores soluções possíveis para um problema e quantificar a segurança obtida com a atualização e a economia obtida com as bombas mais eficientes propostas. Todas essas razões também são boas para avaliar um sistema existente. Às vezes, apenas alterar a sequência de operações das bombas pode economizar muito dinheiro. Tempos de execução, número de partidas, tensão e corrente são dados relativamente fáceis de obter, porém qualquer tipo de medição ou dado obtido relacionado ao fluxo real, como capacidades da bomba (vazão), eficiência ou vazão de efluentes (entrada) é complexo de mensurar. Mesmo usando um medidor magnético geralmente significa obter apenas a vazão de saída e não a de entrada, portanto, não é possível saber quão altos são os picos de vazão que são usados para determinar as margens de segurança da taxa de bombeamento.

A operação de estações elevatórias com bombas de velocidade constante e bombas de velocidade variável são muito diferentes. A maneira mais fácil de calcular a capacidade de bombas de velocidade variável, além de ter um medidor magnético ou algum tipo de medidor de vazão instalado, é operá-las como bombas de velocidade constante por alguns ciclos, a fim de calcular sua verdadeira capacidade para um determinado período, logo o monitoramento contínuo e com baixa latência (tempo real) é fundamental.

O cálculo de vazão (ou método de balde e cronômetro) é o método mais popular para calcular o fluxo de entrada e saída de estações elevatórias com bombas de velocidade constante. Este é o método que é programado em sistemas SCADA e CLP´s quando existe, ou executado manualmente quando o departamento de manutenção tem tempo para fazê-lo e as condições climáticas permite.

Gráfico 1 – Variação da capacidade das bombas versus variação do tempo



Segundo EPA (2011), algoritmo de fluxo volumétrico padrão, é o nome científico do cálculo de redução é algoritmo de fluxo volumétrico padrão. No procedimento intitulado "Medição de Fluxo de Águas Residuais", que entrou em vigor em agosto de 2011, a EPA afirma claramente que "as técnicas de medição de fluxo volumétrico estão entre os métodos mais simples e precisos para medir o fluxo". Até mesmo a EPA específica que existem múltiplas técnicas e métodos para conseguir isso e são simples de usar, mas não necessariamente simples de programar. Ao selecionar um medidor de vazão *clamp-on*, a organização testa-o contra um medidor magnético ou outro meio de referência. Quando um algoritmo de fluxo volumétrico é integrado a um produto, o mesmo tratamento se aplica a esse produto. Este algoritmo geralmente consiste nas três fórmulas abaixo:

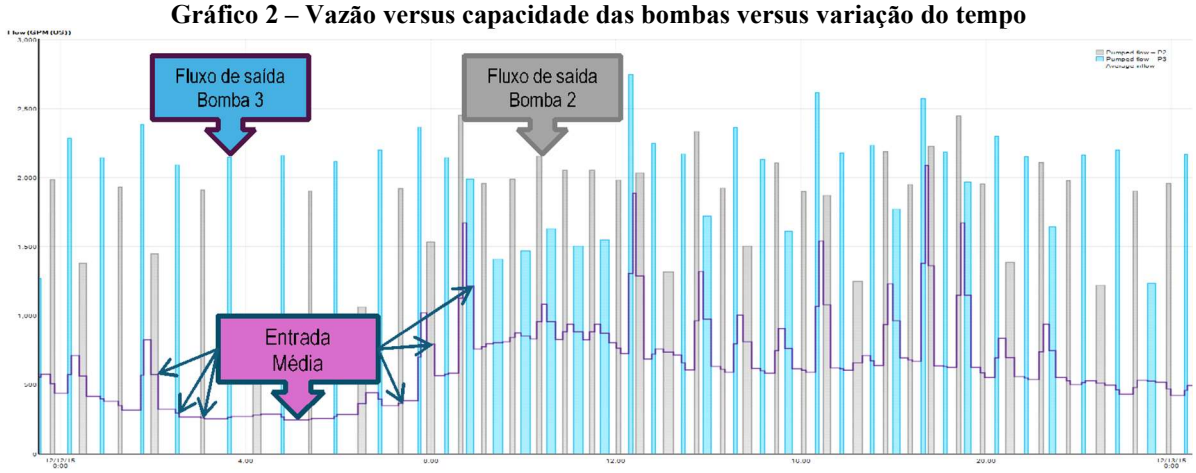
Entrada =Volume/(t2-t1) equação (1)

Entrada com bombas ligadas =(Entrada antes + Entrada depois)/2 equação (2)

Fluxo de saída =Volume/(t2-t1)+Influxo com bombas ligadas equação (3)

Todos esses algoritmos geram **vazões médias** para cada parte de cada ciclo, mas **a realidade é que o fluxo muda o tempo todo**. Os fluxos em tempo real, e não as médias, deveriam, portanto, ser o objetivo. Digamos que o volume e o número de picos de fluxo e seus tamanhos sejam necessários para selecionar o tamanho certo de bombas para uma atualização de estação elevatória. O gráfico 2 mostra um dia de dados calculados usando um algoritmo de fluxo volumétrico baseado em média. No gráfico 2 a linha violeta escura representa a vazão e as capacidades calculadas da bomba são as barras verticais cinza e azul.

Gráfico 2 – Vazão versus capacidade das bombas versus variação do tempo



No gráfico 2, verifica-se que a capacidade da bomba pode mudar de ciclo para ciclo, e é fortemente influenciado pelo funcionamento de bombas de outras estações elevatórias, quando esta bombeia na mesma tubulação pressurizada. Quando a programação de um algoritmo de cálculo de vazão baseado em uma capacidade de bombeamento fixa só terá uma medição precisa quando a capacidade real for idêntica à programada, o que raramente acontece. As vazões de saída das bombas estão mudando o tempo todo, o que é, para bombas de velocidade constante, relativamente anormal, a menos que a pressão principal da força esteja mudando o tempo todo. Neste caso, a estação elevatória está bombeando para uma linha de gravidade. Isto significa que as capacidades da bomba calculadas estão, na sua maioria, erradas (e baixas), o que é causado pela utilização de fluxos de entrada defeituosos para calcular os fluxos de saída.

Mecanismo de fluxo em tempo real ou fluxo em tempo real significa que o algoritmo de fluxo calcula a entrada e a saída o tempo todo, em vez de uma vez por ciclo. Por motivos de patente pendente, não será detalhado completamente neste trabalho. O que é importante entender é como o processo de tomada de decisão pode ser influenciado por ele. Uma maneira de obter 5% ou mais de precisão de fluxo é programar um algoritmo volumétrico como este patenteado. Este compensa taxas de fluxo que mudam muito rapidamente, alturas manométricas que não são constantes ou bombas com problemas. Estes são eventos normais na maioria das estações elevatórias. Embora muitos programadores SCADA obtêm a mesma precisão das três fórmulas anteriores. Quando disponível, o sensor de nível analógico utilizado para calcular vazões em tempo real. Quando não disponíveis, os níveis em que as bombas operam foram inseridos no software de configuração e um

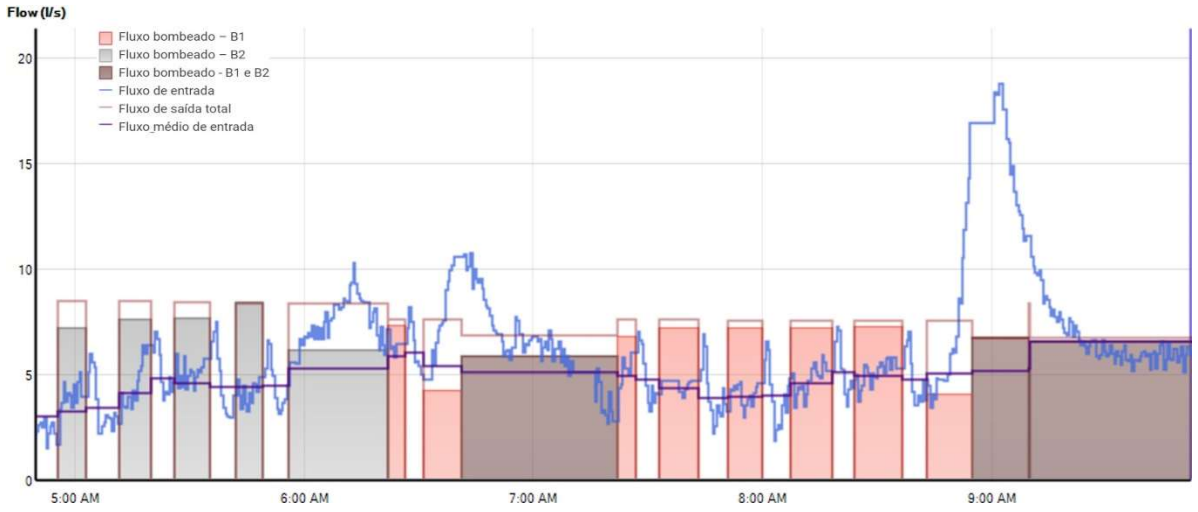
algoritmo de vazão foi utilizado para calcular a vazão com a maior precisão possível. Em todos os casos, também foram fornecidas as dimensões do poço e a tensão de alimentação das bombas.

Tabela 2 – Principais características entre as tecnologias para medir vazão

Principais características	Volucalc Hybrid CS	Controlador SMART	Medidor Magnético	Medidor de vazão de canal aberto
Pode controlar bombas	✗	✓	✗	✗
Uso portátil e permanente	✓	✗	✗	✓
Pode ser instalado em 15 minutos sem interrupção da operação	✓	✗	✗	✓
Pode ser testado antes de comprar	✓	✗	✗	✓
Entrada em tempo real (para operação baseada em fluxo para reduzir custos de energia)	✓	✗	✗	✓
Vazão (por bomba)	✓	✗	✓	✗
Pode ser usado para calcular volumes de transbordamento e vazão	✓	✗	✗	✓
Pode ser usado para monitorar estações elevatórias menores	✓	✗	✗	✓
Sistema de diagnóstico e solução de problemas da estação elevatória	✓	✗	✗	✗
Perfeito para verificar o sistema SCADA	✓	✗	✗	✗
Custo instalado	$	$$$	$$$	$$

O gráfico 3 mostra os mesmos dados acima, mas com dados de fluxo em tempo real. Observe os picos e a estabilidade e altura das capacidades da bomba. Algoritmos volumétricos padrão usariam a linha roxa para determinar a vazão de entrada mais alta quando, na realidade, a linha azul indica uma vazão de pico mais de três vezes maior.

Gráfico 3 – Vazão versus capacidade das bombas versus variação do tempo



A **Tabela 1**, representa um resumo dos dados usados para selecionar o tamanho certo de bombas para oferecer décadas de operação segura sem serem superdimensionadas.

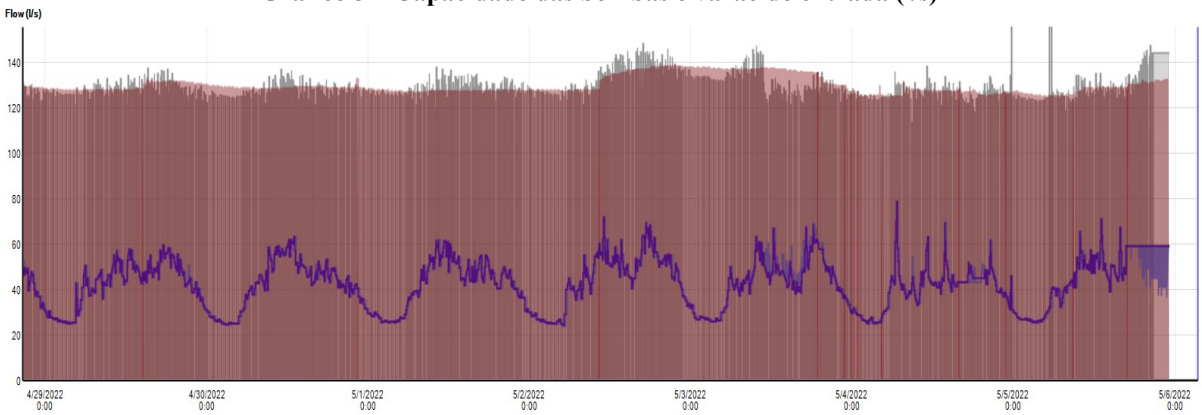
Tabela 1 – Exemplo de dados de Pico de fluxo para dimensionamento de bombas

PICO DE FLUXO	Fluxo Volumétrico Padrão	Mecanismo de fluxo em tempo real
Picos acima 63 l/s	10	26
Picos acima 95 l/s	5	23
Picos acima 126 l/s	1	5
Precisão da capacidade da bomba	Pobre	Excelente
Volume total	Abaixo da realidade	Excelente

A tecnologia influencia o processo de tomada de decisão. Um instrumento capaz de gerar entradas e saídas precisas em tempo real custa cerca de R$ 40 mil. Um software também poderia fazer isso com dados históricos do SCADA, se os dados corretos fossem registrados. A vida útil esperada das principais infraestruturas e equipamentos deve ser prolongada até pouco antes de falharem. O que é necessário aqui é um meio de "ver" as bombas em funcionamento.

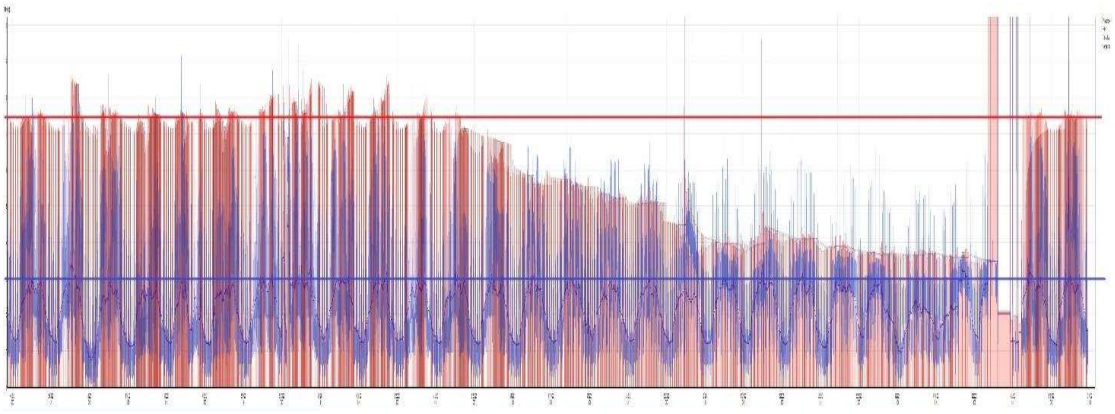
As capacidades da bomba mudam com o tempo, portanto, as curvas da bomba ou as capacidades da bomba calculadas uma vez a cada poucos meses ou anos não são suficientes. A capacidade da bomba de cada bomba deve ser calculada em cada ciclo. Este gráfico 3 mostra a capacidade da bomba nº 1 (vermelho), bomba nº 2 (cinza) e a vazão de entrada (azul). Quando os dados sempre ficam assim e a vazão nunca chega perto das capacidades da bomba, então aumentar os níveis é seguro.

Gráfico 3 – Capacidade das bombas e vazão de entrada (l/s)



O próximo passo é analisar o funcionamento geral da estação de bombeamento. Um terço das estações de bombeamento de águas residuais apresentam anomalias intermitentes que degeneram até serem detectadas por métodos analíticos padrão, como "não funciona mais" ou causaram um backup de esgoto. Usar um sistema SCADA geralmente simplesmente informa mais rapidamente que é tarde demais. Se as bombas nem sempre ligam ou param nos mesmos níveis, ou às vezes o nível cai sem que as bombas estejam em funcionamento, mesmo que por apenas um segundo, isso pode significar que o sensor de nível está começando a apresentar defeito. Se a capacidade de apenas uma bomba diminuir ligeiramente todos os dias, pode ser a válvula de retenção da outra bomba. Se o volume bombeado por watt de eletricidade consumido por bomba, a eficiência da bomba mudou, isso não afeta a vazão ou o tempo de funcionamento da bomba, mas a bomba provavelmente queimará em algum momento. Estes são apenas alguns exemplos. No gráfico 4, é demonstrado uma redução das capacidades de ambas as bombas.

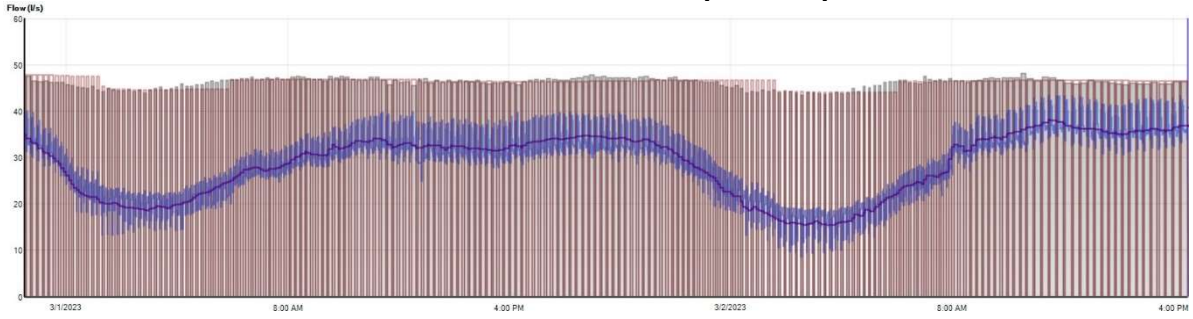
Gráfico 4 – Ciclos de funcionamento das bombas



RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados foram promissores e demonstram o quão inovador e estratégico este projeto para as *utilities* de saneamento nas EEE's Guatupê, Santa Luzia, Itapira, Menino Deus e Iraizinho, todas pertencentes a bacia do Iraí do SEIC. Em uma semana instalado o equipamento apresentou resultados interessantes sobre o que deve ser mudado na forma de operar a elevatória, nos padrões de liga e desliga programados na elevatória, o equipamento junto com o software via web são de fácil instalação e entendimento pelos engenheiros, as análises trazem necessidade de melhorias no modo de operação da elevatória. Benefícios como economia de energia e queda na fatura devem ser observados até o final do mês quando temos o fechamento das faturas de energia. Como resultados prévios da POC na EEE Guatupê, o relatório do monitoramento, otimizado, obteve uma perspectiva de economia de até 19% no consumo de energia ao mês para esta elevatória, fazendo um contraponto relacionado as faturas e despesas com energia para esta elevatória e período analisado, partir de pesquisa e medição no faturamento de energia (contas da COPEL para o ativo EEE Guatupê) durante a POC, houve uma diminuição no consumo de energia, a partir das intervenções realizadas devido ao diagnóstico durante a POC de 10,92% .
No Grafico 5, observa-se a linha azul como o fluxo de entrada e a linha marrom como fluxo de saída, ciclos de funcionamento das bombas da EEE Guatupê.

Gráfico 5 – Ciclos de funcionamento das bombas EEE Guatupê em tempo real



Nas análises realizadas nas POC's , a empresa poderia otimizar a eficiência dessas elevatórias, seja modificando uma estação ou melhorando a operação a partir dos resultados do monitoramento e análise, economizando até R$ 165.000 por ano/ bomba/elevatória no consumo de energia. Pensando esse número para mais 100 elevatórias podemos ter R$ 16.500.000 (Dezesseis milhões e quinhentos reais) por ano/ 100 elevatórias ou bombas, benefício tangível será aspecto financeiro com a economia de energia, sem contar os benefícios intangíveis como melhoria na gestão operacional, aumento de vida útil do ativo, demanda atempada para a manutenção dos equipamentos. Com muitas anomalias nas elevatórias há um grande potencial de economias de energia e de

redução do custo de manutenção. Isto representaria o aumento no faturamento da empresa, há perspectiva de economia de energia e recursos, proporcionando o aumento de faturamento, e posicionamento de mercado.

Date	Day	Time	Duration	Pump 1	Pump 2	Pump 3
			hhh:mm:ss.fff	state	state	state
11/30/2023	Thursday	12:27:27	1:37:23.00	Off	On	Off
11/30/2023	Thursday	14:04:50	0:01:10.00	Off	On	On
11/30/2023	Thursday	14:06:00	0:27:21.00	Off	Off	On
11/30/2023	Thursday	14:33:21	0:16:01.00	Off	On	On
11/30/2023	Thursday	14:49:22	0:58:51.00	Off	Off	On
11/30/2023	Thursday	15:48:13	0:01:49.00	Off	On	On
11/30/2023	Thursday	15:50:02	0:01:00.00	Off	Off	On
11/30/2023	Thursday	15:51:02	0:01:49.00	Off	On	On
11/30/2023	Thursday	15:52:51	0:00:59.00	Off	Off	On
11/30/2023	Thursday	15:53:50	0:01:53.00	Off	On	On
11/30/2023	Thursday	15:55:43	0:01:00.00	Off	Off	On
11/30/2023	Thursday	15:56:43	0:01:54.00	Off	On	On
11/30/2023	Thursday	15:58:37	0:00:58.00	Off	Off	On
11/30/2023	Thursday	15:59:35	0:01:54.00	Off	On	On



CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Nesta tecnologia utilizada, o equipamento é sempre usado primeiro para fazer diagnósticos e depois para calcular vazão. Se as bombas, as válvulas de refluxo, o controlador e o sensor de nível não funcionarem corretamente, a primeira coisa a fazer para aumentar a eficiência desta estação de bombeamento é corrigir o que parecem ser comportamentos anormais, que representa um ganho quando não se sabe ou não se tem o diagnóstico da elevatória. Ter um sensor de nível sempre é desejável e prático. Ter bombas alternadas em cada ciclo permitiria comparar as bombas enquanto a vazão de entrada é relativamente semelhante. Características do software, ao usar um algoritmo de fluxo volumétrico, o software instalado no equipamento, espera que as bombas parem e liguem em algum momento. Estas paradas são importantes para calcular a vazão e as capacidades da bomba. O equipamento, pode calcular com precisão o fluxo quando o nível é conhecido através da operação da bomba ou de um sensor de nível. É quando uma bomba arranca e pára que é possível calcular a sua vazão. O equipamento de telemetria requer eventos de início e parada para calcular taxas de fluxo. A tecnologia foi testada, comprovada através de 5 POC's, além de trazer um conhecimento sobre a performance das bombas e das elevatórias e sua eficiência energética, trouxe diagnóstico atempado de alguns problemas de vida útil ou falta de manutenção das bombas, aprendizado sobre a operação dos sistemas com diagnósticos atempados das bombas, a ponto de corrigir ou otimizar a sua operação ou seus níveis. Para implantação e escalabilidade da tecnologia é necessário:

1. Capacitação de equipe técnica e operacional para conhecer como instalar o equipamento, manter, configurar, baixar os arquivos de dados e integrar ao software para análise e geração de relatórios.
2. Fazer análise e a partir de diagnósticos a partir dos dados e gráficos gerando ou não demandas e ações sejam elas para a melhoria operacional, planejamento para novo investimento no ativo, dados para desenvolvimento e melhorias em projeto, obra e operação de novas elevatórias ou para manutenção dos sistemas.
3. Acompanhar após a melhoria e/ou investimento a performance do ativo após o diagnóstico e intervenção.
4. Equipe altamente qualificada e capacitada em ferramentas de análise e monitoramento, instrumentação, manutenção e operação de EEE e sistemas de esgotamento sanitário.

O produto testado é tecnologicamente novo: é um produto cujas características fundamentais (especificações técnicas, usos pretendidos, software ou outro componente imaterial incorporado) diferem significativamente de todos os produtos previamente produzidos e utilizados pela empresa , agregação de novas funcionalidades ou características ao processo que implique melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado. E pode através do seu uso em mais unidades operacionais :

1. Estabelecer padrões para infraestrutura necessária para garantir segurança e melhor performance com eficiência operacional e de manutenção das elevatórias, bombas, instrumentos;
2. Eliminar e/ou mitigar o risco possíveis acidentes ou incidentes ambientais com extravasamento de elevatórias de esgoto , principalmente as sem acompanhamento remoto ou presencial, principalmente em área de manancial de abastecimento público.
3. Implementação de dispositivo de monitoramento e diagnóstico de performance operacional em Estações Elevatórias de Esgotamento Sanitário

4. Testar todo o sistema remoto, incluindo a comunicação, a plataforma em nuvem, os processos e cálculos, além de algoritmos inteligentes para aumento de eficiência energética (bombeamento).
5. Verificar a adoção de variáveis que a empresa, geralmente, não utiliza para a análise e a otimização do sistema. Assim como o emprego destas para melhorar a operação e manutenção preditiva dos equipamentos.

São desafios tecnológicos para escolha , instalação e monitoramento e análise de EEEs:

1. Investir em sensores de IoT para melhorar as operações de ativos tem uma complexidade quanto a escolha da tecnologia, linguagens e softwares já existentes na empresa ou recém adquiridos, mas esse novo investimento só faz sentido se for pensado em todos os dispositivos e dados que já existem ou existirão no futuro em uma concessionária de água.
2. Elencar todos os dispositivos e dados que já existem ou existirão no futuro em uma concessionária de água, quais e como serão especificados estes dispositivos Iot , combinados ou não, os dispositivos e parâmetros de engenharia de modo a produzir uma informação realmente valiosa para a companhia, há de se ter visão do todo o parque tecnológico de medição, softwares, licenças e usos destes, sejam eles de qualquer tecnologia pré existente ou não, quais softwares e hardwares, ou combinação destes, serão utilizados para abrigar e agregar estes dados , para produzir informações.
3. Pesquisar e testar qual instrumento e tecnologia pode calcular com precisão o fluxo quando o nível é conhecido através da bomba operação ou um sensor de nível. É quando uma bomba arranca e pára que é possível calcular o seu fluxo/vazão. Como aumentar a eficácia das elevatórias, e descobrir os problemas e defeitos pré existentes a tecnologia em válvulas, bombas, sensor de nível, dimensionamento da elevatória, operação do sistema, pois o dispositivo será sempre usado primeiro para fazer diagnósticos e depois para calcular vazão. Se as bombas, as válvulas de refluxo, o controlador e o sensor de nível não funcionam corretamente, então a primeira coisa a fazer para aumentar a eficiência desta estação de bombeamento e corrigir o que parecem ser comportamentos anormais, que podem ser apontados e conhecidos com o uso desta tecnologia.
4. Que os processos de operação da empresa necessitam tanto de ferramentas como estas aplicadas para otimizar tantos recursos humanos, como financeiros, como energéticos, dando sustentabilidade ao negócio da empresa. Que o analista ou engenheiros devem ser capacitados constantemente para operar os sistemas com eficiência, a partir de coleta e análise de dados em tempo real, com tempo de resposta antes do risco de parada no serviço prestado pela utilitie, seja devido a quebra de equipamentos ou queda de energia, ou ainda eventos diversos sejam naturais ou não, que podem parar os sistemas.
5. O capital humano e a capacitação do corpo técnico é fundamental para o sucesso da implementação da nova tecnologia, capital financeiro para além de realizar a manutenção preditiva e/ou preventiva , realizar investimentos em novos equipamentos, softwares e tecnologias digitais.
6. Podem existir aspectos ainda desconhecidos que poderão inviabilizar o desenvolvimento do projeto. A metodologia para detectar , diagnosticar vários problemas no sistema de cobrança de energia que reduzem o orçamento operacional sem que ninguém saiba, como reduzir o custo de operação de algumas estações elevatórias sem problemas:
7. falta de dados apropriados ainda é a principal razão por trás do projeto excessivo ou insuficiente de estações elevatórias.
8. A vida útil esperada das principais infraestruturas e equipamentos deve ser prolongada até pouco antes de falharem.
9. A equipe de manutenção só pode ir onde os problemas são críticos. Os departamentos de manutenção convivem com a consequência de não terem tempo para fazer manutenções preventivas.
10. Os estudos de afluência e infiltração estão limitados a áreas críticas e não existem para ajudar a detectar problemas futuros.

Algumas recomendações ainda englobam ,otimização das tecnologias de comunicação de dados: Explorar alternativas às tecnologias de comunicação sem fio, como o LoRaWAN, que possam oferecer maior alcance ou maior taxa de transferência, além do desenvolvimento de algoritmos de compressão de dados, permitindo o envio eficiente de uma maior quantidade de informações coletadas.
Integração com abordagens de inteligência artificial e aprendizado de máquina: A aplicação de técnicas avançadas, como algoritmos de aprendizado de máquina, no processamento e análise dos dados coletados poderia viabilizar a identificação de padrões, tendências e anomalias, favorecendo a tomada de decisões proativas no monitoramento e na preservação da qualidade da água.

Integração com sistemas de monitoramento existentes: A integração dos dispositivos desenvolvidos neste projeto com plataformas já estabelecidas de monitoramento ambiental permitiria a criação de uma rede integrada de sensores, proporcionando uma visão abrangente e precisa do estado dos recursos hídricos em diferentes localidades e contextos.
Essas sugestões representam apenas um leque inicial de possibilidades, sendo fundamental o contínuo investimento em pesquisas e desenvolvimentos nessa área, a fim de aproveitar plenamente o potencial da tecnologia no que tange à proteção e à gestão sustentável dos recursos hídricos.

Resultados Esperados Financeiros e Operacionais:

1. Redução da possibilidade de multas ambientais, diminuindo o tempo de atendimento no caso de extravasamento de esgoto.
2. Redução do consumo de energia elétrica, através de uma análise do histórico de funcionamento do bombeamento, ajustando os níveis de funcionamento das bombas, obtendo melhor eficiência no sistema;
3. Redução no Custo de manutenção do sistema de bombeamento, graças à análise de grandezas elétricas que agora passariam a gerar um histórico de funcionamento;
4. Melhoria na gestão de ativos, através dos dados do histórico, possibilitando a geração de relatórios justificando a substituição de dispositivos e equipamentos do sistema.

Resultados Esperados Ambientais e Sociais

1. Com a gestão das EEEs a possibilidade de extravasamento pode ser reduzida, também pode ser reduzido o tempo de extravasamento;
2. Também teremos uma vazão mais continua na elevatória de esgoto bruto, o que resulta numa melhor eficiência no tratamento;
3. Com a implantação é esperado uma redução de custos na tarifa elétrica, melhora na eficiência do sistema de bombeamento e redução nos custos de manutenção.
4. Economia de energia, redução dos riscos de transbordamento e poluição;
5. Melhoria dos sistemas de coleta de águas residuais para a comunidade, reduzindo os problemas de saúde e os maus odores
6. Impactos com demais stakeholders da Sanepar (acionistas, colaboradores, etc.) na satisfação do consumidor final e imagem da companhia
7. Aumento da confiabilidade da população no serviço prestado, graças à redução da possibilidade de extravasamento e redução do impacto ambiental;
8. Implementação destes controles aumenta a confiabilidade da gestão operacional, incentivando investimentos na empresa, graças à tecnologia empregada de forma eficaz;
9. Redução da mão de obra necessária para operação em campo, gerando também economia de recursos (transporte, hora-homem, equipamentos de proteção individual, uniformes, etc.)
10. Redução do consumo de energia da estação de bombeamento;
11. Redução do tempo de funcionamento da bomba bem como o aumento de sua vida útil;
12. Redução da manutenção da estação de bombeamento e do risco de prejuízos;
13. Aumento da longevidade de todas as peças e equipamentos da estação de bombeamento;
14. Falhas de bomba serão relatadas antecipadamente;
15. Aumento geral das instalações de águas residuais, aumento da gestão de águas residuais, aumento da imagem corporativa.

As empresas de saneamento passam por dificuldades com relação a qualidade, quantidade e disponibilidade de capital intelectual e humano para realização de serviços a campo, a nova tecnologia testada traz melhoria para a gestão operacional que pode, atempadamente, analisar o que aconteceu semanas atrás de modo intuitivo e rápido para tomar providências quanto a programação de melhorias/manutenção/substituição das bombas e inversores de frequência das elevatórias, e incluir em seu planejamento plurianual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRESPO, P. G. Elevatórias nos sistemas de esgoto. Belo Horizonte, UFMG, 2001.
2. NUVOLARI, Ariovaldo. Esgoto sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. 1. ed. Brasil: Blucher, 2011. v. 1
3. MAID LABS BRASIL LTDA, Volucalc Hybrid: https://www.maidlabs.com/wp-content/uploads/Volucalc_PT_20_pages_LR.pdf
4. LEITE, Rafael F. Sistema de Controle e Medição de Parâmetros Operacionais em Estações Elevatórias de Esgoto.http://evolvedoc.com.br/aesabesp/detalhes-580_sistema-de-controle-e-medicao-de-parametros-operacionais-em-estacoes-elevatorias-de-esgoto. Acesso em 20/07/2024.