DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE APLICAÇÃO PARA CONTROLE DE PERDAS EM SISTEMA DE ÁGUA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Paulo Luiz da Silva
Graduado em Análise de Sistemas pela Fatec São Paulo. Pós-graduação em Automação de Processos de Saneamento, USP. Atua na área de elétrica e automação, integrante do corpo técnico da Sabesp.

Endereço: Rua dos Hibiscos n°10, casa 6, Taboão, São Roque, São Paulo 18135-146 Brasil,
+55 11 93240-0909.

RESUMO

A gestão eficiente dos recursos hídricos é uma preocupação cada vez mais presente nas agendas governamentais e empresariais, especialmente em um contexto de escassez de água e aumento da demanda por serviços de saneamento básico. Com o aumento da população global, o crescimento econômico e as mudanças climáticas, a disponibilidade de água doce está se tornando cada vez mais limitada em muitas regiões do mundo. O setor de saneamento básico, em particular, desempenha um papel crucial na gestão dos recursos hídricos, pois é responsável pela captação, tratamento e distribuição de água potável, bem como pelo tratamento e disposição adequada de esgotos e efluentes industriais. Diante dos desafios relacionados à escassez de água e à degradação dos ecossistemas aquáticos, a gestão eficiente dos recursos hídricos tornou-se uma prioridade para governos, empresas e organizações da sociedade civil em todo o mundo. Nesse cenário, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) desempenha um papel fundamental na prestação de serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto para milhões de pessoas em todo o estado. Neste contexto, o objeto de pesquisa deste estudo é a implantação de um sistema de controle de vazão com o objetivo de reduzir as perdas de água e o consumo de energia na Sabesp. Ao investigar o objeto de pesquisa, busca-se fornecer insights valiosos que possam orientar a Sabesp na tomada de decisões informadas sobre a adoção dessa solução. O estudo visa contribuir para o avanço da eficiência e sustentabilidade das operações da empresa, além de promover uma gestão mais responsável e eficaz dos recursos hídricos no estado de São Paulo. Conclui-se que, a implantação do sistema de controle de vazão na Sabesp apresenta-se como uma estratégia fundamental para a redução das perdas de água e o consumo de energia. Ao longo deste estudo, foi possível evidenciar que a gestão eficiente dos recursos hídricos e energéticos é imprescindível para promover a sustentabilidade e a eficiência operacional da empresa. Através da análise dos dados e resultados obtidos, ficou clara a importância da implementação de tecnologias modernas e sistemas de controle avançados, capazes de monitorar e otimizar o fluxo de água em toda a rede de distribuição. A utilização de dispositivos de medição precisa, juntamente com algoritmos de controle inteligentes, possibilita uma gestão mais eficaz dos recursos, reduzindo as perdas por vazamentos e otimizando o consumo energético.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de controle de vazão perdas d'água, eficiência energética de energia.

INTRODUÇÃO

A gestão eficiente dos recursos hídricos é uma preocupação cada vez mais presente nas agendas governamentais e empresariais, especialmente em um contexto de escassez de água e aumento da demanda por serviços de saneamento básico. Com o aumento da população global, o crescimento econômico e as mudanças climáticas, a disponibilidade de água doce está se tornando cada vez mais limitada em muitas regiões do mundo. Nesse contexto, as agendas governamentais têm buscado implementar políticas e programas para promover o uso sustentável da água, o tratamento adequado de efluentes e o desenvolvimento de tecnologias para a conservação e reutilização da água. Empresas de diversos setores também estão adotando medidas para reduzir seu consumo de água e minimizar os impactos de suas atividades sobre os recursos hídricos.

O setor de saneamento básico, em particular, desempenha um papel crucial na gestão dos recursos hídricos, pois é responsável pela captação, tratamento e distribuição de água potável, bem como pelo tratamento e disposição adequada de esgotos e efluentes industriais. Diante dos desafios relacionados à escassez de água e à degradação dos

ecossistemas aquáticos, a gestão eficiente dos recursos hídricos tornou-se uma prioridade para governos, empresas e organizações da sociedade civil em todo o mundo.

Nesse cenário, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) desempenha um papel fundamental na prestação de serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto para milhões de pessoas em todo o estado. No entanto, um dos desafios enfrentados pela Sabesp é a redução das perdas de água em seu sistema de distribuição, que impactam não apenas a disponibilidade do recurso, mas também o consumo de energia associado ao bombeamento e tratamento da água.

As perdas de água, tanto por vazamentos quanto por furtos e problemas de medição, representam não apenas uma redução na disponibilidade do recurso hídrico, mas também aumentam os custos operacionais da empresa. Além disso, as perdas de água estão intrinsecamente ligadas ao consumo de energia, uma vez que a água precisa ser bombeada e tratada antes de chegar aos consumidores. Nesse sentido, a redução das perdas de água não só contribuiria para a conservação dos recursos hídricos, mas também para a eficiência energética e sustentabilidade financeira da Sabesp. Implantação de um sistema de controle de vazão pode ser uma estratégia eficaz para abordar esse problema, permitindo uma gestão mais precisa e eficiente do fluxo de água em toda a rede de distribuição da empresa.

Diante desse desafio, a implantação de um sistema de controle de vazão pode se apresentar como uma solução viável e eficaz para reduzir as perdas d'água e otimizar o consumo de energia na Sabesp. O controle preciso da vazão de água nas redes de distribuição pode contribuir significativamente para a identificação e mitigação de vazamentos, rupturas de tubulações e outros problemas que afetam a eficiência do sistema.

Um sistema de controle de vazão bem projetado e implementado pode possibilitar a detecção rápida de vazamentos e outros problemas nas tubulações, permitindo uma intervenção imediata para minimizar as perdas. Além disso, ao otimizar o fluxo de água, a Sabesp poderá reduzir o consumo de energia associado ao bombeamento e tratamento do recurso, contribuindo para uma gestão mais sustentável e econômica de seus recursos. Dessa forma, a implantação de um sistema de controle de vazão não apenas beneficiaria a Sabesp em termos de conservação de água e energia, mas também fortaleceria sua posição como uma empresa comprometida com a sustentabilidade ambiental e a eficiência operacional.

Contudo, apesar do potencial impacto positivo da implantação do sistema de controle de vazão, sua adoção enfrenta uma série de desafios e obstáculos, que vão desde questões técnicas e operacionais até aspectos financeiros e regulatórios. Nesse contexto, torna-se necessário investigar mais profundamente a viabilidade e os benefícios dessa medida, bem como desenvolver estratégias e recomendações para sua implementação efetiva e sustentável.

Do ponto de vista técnico, a complexidade da infraestrutura existente da Sabesp pode apresentar desafios na integração e adaptação de um novo sistema de controle de vazão. Além disso, a necessidade de tecnologias avançadas de monitoramento e sensoriamento pode exigir investimentos significativos em equipamentos e treinamento de pessoal.

No âmbito operacional, é importante considerar como a introdução de um sistema de controle de vazão impactará as rotinas e processos existentes da Sabesp. A implementação bem-sucedida requer uma cuidadosa análise das práticas operacionais atuais e a definição de procedimentos claros para garantir uma transição suave e eficiente. Aspectos financeiros também representam um desafio importante. A aquisição e instalação de tecnologia de ponta podem exigir um investimento inicial substancial, e é essencial avaliar o retorno sobre o investimento a longo prazo. Estratégias de financiamento criativas e parcerias público-privadas podem ser exploradas para mitigar os custos associados.

Neste contexto, o objeto de pesquisa deste estudo é a implantação de um sistema de controle de vazão com o objetivo de reduzir as perdas de água e o consumo de energia na Sabesp. Ao investigar o objeto de pesquisa, busca-se fornecer insights valiosos que possam orientar a Sabesp na tomada de decisões informadas sobre a adoção dessa solução. O estudo visa contribuir para o avanço da eficiência e sustentabilidade das operações da empresa, além de promover uma gestão mais responsável e eficaz dos recursos hídricos no estado de São Paulo.

Por fim, espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis para a gestão dos recursos hídricos na Sabesp e em outras empresas de saneamento básico, promovendo a conservação da água e a redução do consumo de energia em larga escala.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral investigar os benefícios da implantação de um sistema de controle de vazão na ETA São Roque.

Como objetivos específicos têm-se:

- Verificar as principais causas das perdas de água no sistema de tratamento;
- Reduzir as perdas de água;
- Otimizar o consumo de energia nas operações de abastecimento de água;

REFERENCIAL TEÓRICO

Gestão de Recursos Hídricos

A gestão de recursos hídricos é uma disciplina fundamental que aborda a administração, conservação e uso racional da água, um recurso natural essencial para a vida e para diversas atividades humanas. Ela envolve uma série de processos e medidas destinadas a garantir a disponibilidade adequada de água para os diversos usos, como abastecimento público, irrigação agrícola, geração de energia, indústria, entre outros (HENKES, 2020).
No contexto da crise hídrica global e das mudanças climáticas, a gestão eficiente dos recursos hídricos tornou-se uma prioridade urgente para governos, organizações e comunidades em todo o mundo. Isso se deve ao aumento da demanda por água, juntamente com a diminuição da disponibilidade devido à escassez de chuvas, secas prolongadas, poluição e degradação dos recursos hídricos (MEDEIROS E LUCENA, 2023).
Segundo Diniz et al. (2021), um dos principais objetivos da gestão de recursos hídricos é promover a utilização sustentável e equitativa da água, garantindo seu acesso justo para todos os setores da sociedade e para as gerações futuras. Isso requer a implementação de políticas, regulamentações e práticas que incentivem a conservação da água, a redução do desperdício e a proteção dos ecossistemas aquáticos.
Além disso, a gestão de recursos hídricos envolve a avaliação e monitoramento constantes das condições dos corpos d'água, incluindo sua quantidade, qualidade e disponibilidade sazonal. Isso permite uma resposta rápida a eventos climáticos extremos, como secas ou inundações, e a implementação de medidas de adaptação e mitigação (MEDEIROS E LUCENA, 2023).
No contexto específico da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), a gestão de recursos hídricos desempenha um papel crucial na garantia do abastecimento de água para milhões de pessoas em todo o estado. Isso envolve não apenas a captação, tratamento e distribuição de água potável, mas também a gestão sustentável dos mananciais, a redução de perdas no sistema de distribuição e a promoção do uso eficiente da água pelos consumidores (HENKES, 2020).
Em suma, a gestão de recursos hídricos é essencial para enfrentar os desafios relacionados à disponibilidade e qualidade da água, garantindo seu uso sustentável e equitativo para o benefício de toda a sociedade e do meio ambiente.

Perdas de Água em Sistemas de Distribuição
Segundo Silva Junior (2017), as perdas de água nos sistemas de distribuição representam um desafio significativo para as empresas de saneamento, como a Sabesp, e para as autoridades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. Essas perdas podem ocorrer de diversas formas ao longo da rede de distribuição, desde vazamentos em tubulações até problemas de medição e controle. De acordo com estudos e relatórios setoriais, as perdas de água podem chegar a níveis alarmantes em alguns sistemas, ultrapassando 30% ou até mesmo 40% do volume total distribuído.
A magnitude dessas perdas não apenas compromete a disponibilidade de água para consumo humano, agrícola e industrial, mas também tem impactos econômicos e ambientais significativos. Do ponto de vista econômico, as perdas representam um desperdício de recursos financeiros consideráveis, uma vez que a água perdida não é faturada e resulta em prejuízos para as empresas de saneamento. Além disso, o tratamento e o bombeamento de água perdida consomem energia, aumentando os custos operacionais e contribuindo para as emissões de gases de efeito estufa (VICENTINI, 2012).
Em termos ambientais, as perdas de água podem comprometer os ecossistemas locais, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são escassos. O desperdício de água também contribui para a redução dos níveis dos reservatórios e aquíferos, aumentando a pressão sobre os recursos hídricos disponíveis. Além disso, as atividades de extração e tratamento de água para compensar as perdas podem ter impactos negativos sobre a qualidade da água e a biodiversidade aquática (SILVA et al. 2013).
Diante desse cenário, ainda segundo Silva et al. (2013), a redução das perdas de água se torna uma prioridade para as empresas de saneamento e para as políticas públicas relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos. Estratégias de monitoramento, detecção e reparo de vazamentos são essenciais para minimizar as perdas ao longo da rede de distribuição. Além disso, investimentos em tecnologias de controle de vazão, medição e automação podem contribuir para uma gestão mais eficiente dos sistemas de abastecimento de água, reduzindo as perdas e otimizando o uso dos recursos disponíveis.
É importante ressaltar que a redução das perdas de água não é apenas uma questão técnica, mas também envolve aspectos organizacionais, regulatórios e comportamentais. O engajamento dos gestores, operadores, técnicos e usuários finais é fundamental para o sucesso das iniciativas de redução de perdas, assim como a implementação de políticas e regulamentações que incentivem a conservação e o uso racional da água. Em suma, a mitigação das perdas de água nos sistemas de distribuição é um desafio complexo que requer uma abordagem integrada e multifacetada, envolvendo diversos atores e disciplinas (SILVA JUNIOR, 2017).

Consumo de Energia em Sistemas de Saneamento
Segundo Lima (2022), o consumo de energia em sistemas de saneamento, como os operados pela Sabesp, desempenha um papel crucial na prestação de serviços de abastecimento de água, tratamento de esgoto e gestão dos recursos

hídricos. Esses sistemas demandam uma quantidade significativa de energia para diversas operações, desde o bombeamento de água bruta até o tratamento de efluentes e a distribuição de água tratada. O impacto ambiental e econômico desse consumo de energia é substancial, tornando-se uma preocupação central para as empresas de saneamento e as autoridades responsáveis pela gestão dos recursos naturais.

Uma das principais fontes de consumo de energia nos sistemas de saneamento é o bombeamento de água, necessário para transportar água bruta dos mananciais até as estações de tratamento, bem como para distribuir água tratada aos consumidores finais. O bombeamento requer motores elétricos potentes, que consomem uma quantidade considerável de eletricidade, especialmente em sistemas que operam em terrenos acidentados ou em locais distantes dos centros urbanos. Além disso, o tratamento de água e esgoto também demanda energia para alimentar processos como a aeração, a sedimentação, a filtração e a desinfecção, entre outros (NASCIMENTO et al. 2023).

Ainda segundo Nascimento et al. (2023), o consumo de energia em sistemas de saneamento não se limita apenas às operações de tratamento e distribuição de água. Ele também está relacionado a outras atividades, como a coleta de resíduos sólidos, a operação de estações elevatórias e de tratamento de esgoto, e a manutenção da infraestrutura de redes de distribuição e coleta. Essas operações consomem energia tanto diretamente, através do funcionamento de equipamentos elétricos, quanto indiretamente, através do transporte de materiais e insumos necessários para as operações.

O impacto ambiental do consumo de energia nos sistemas de saneamento é significativo, uma vez que a geração de eletricidade geralmente envolve a queima de combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás natural, que emitem gases de efeito estufa e contribuem para as mudanças climáticas. Além disso, o uso excessivo de energia pode aumentar os custos operacionais das empresas de saneamento, afetando sua viabilidade financeira e comprometendo a qualidade e o acesso aos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto (QUEIROZ, 2017).

Diante desse cenário, ainda segundo Queiroz (2017), a busca por alternativas de redução do consumo de energia nos sistemas de saneamento se torna uma prioridade para as empresas do setor e para as políticas públicas relacionadas ao meio ambiente e à sustentabilidade. Estratégias de eficiência energética, como a otimização de processos, o uso de tecnologias mais eficientes e a implementação de práticas de gestão de energia, podem contribuir para a redução dos custos operacionais e dos impactos ambientais dos sistemas de saneamento. Além disso, o investimento em fontes de energia renovável, como a energia solar e a energia eólica, pode ajudar a mitigar os efeitos do consumo de energia nos sistemas de saneamento, promovendo uma transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável.

Assim, o consumo de energia em sistemas de saneamento é uma questão complexa e multifacetada, que envolve aspectos técnicos, operacionais, econômicos e ambientais. A busca por soluções eficazes e sustentáveis para reduzir esse consumo é essencial para garantir a disponibilidade e a qualidade dos serviços de saneamento, bem como para promover a conservação dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente.

Tecnologias para Controle de Vazão

As tecnologias para o controle de vazão desempenham um papel fundamental na gestão eficiente dos recursos hídricos, especialmente em sistemas de distribuição de água operados por empresas de saneamento, como a Sabesp. Essas tecnologias permitem monitorar e regular o fluxo de água nas redes de distribuição, contribuindo para a redução das perdas de água e o uso mais eficiente dos recursos naturais (SILVA, 2018).

Segundo Vidal et al. (2013), uma das tecnologias mais comuns para o controle de vazão em sistemas de distribuição de água é o uso de válvulas de controle de pressão. Essas válvulas são instaladas em pontos estratégicos da rede de distribuição e ajustam automaticamente a pressão da água com base nas condições de operação, garantindo um fluxo estável e controlado em toda a rede. As válvulas de controle de pressão ajudam a minimizar o vazamento de água em caso de pressões excessivas na rede, reduzindo assim as perdas e o desperdício de água.

Vidal et al. (2013) ainda pontuam que, outra tecnologia importante para o controle de vazão é o uso de medidores de vazão inteligentes. Esses dispositivos são instalados em diferentes pontos da rede de distribuição e fornecem informações em tempo real sobre o volume de água que está sendo transportado em cada trecho da rede. Com base nessas informações, os operadores podem identificar rapidamente vazamentos, rupturas de tubulações e outras anomalias que afetam a eficiência do sistema e tomar medidas corretivas imediatas.

Além das válvulas de controle de pressão e dos medidores de vazão inteligentes, outras tecnologias estão sendo desenvolvidas e implementadas para melhorar o controle de vazão em sistemas de distribuição de água. Entre elas, destacam-se os sistemas de monitoramento remoto, que permitem aos operadores supervisionar e controlar a rede de distribuição de água de forma remota, por meio de sensores e sistemas de comunicação sem fio. Esses sistemas fornecem dados em tempo real sobre o funcionamento da rede, permitindo uma resposta mais rápida a eventos e incidentes que possam afetar a qualidade e a disponibilidade da água (SILVA, 2018).

Além disso, tecnologias como a modelagem hidráulica e os sistemas de gestão de ativos estão sendo cada vez mais utilizadas para otimizar o controle de vazão em sistemas de distribuição de água. A modelagem hidráulica permite simular o comportamento da rede de distribuição sob diferentes condições de operação, facilitando a identificação de pontos vulneráveis e a avaliação de estratégias de controle de vazão. Já os sistemas de gestão de ativos permitem aos

operadores monitorar e gerenciar proativamente os componentes da rede, como tubulações, válvulas e bombas, para garantir seu desempenho e eficiência ao longo do tempo (SILVA, 2018).
Por fim, as tecnologias para o controle de vazão desempenham um papel crucial na gestão eficiente dos recursos hídricos e na redução das perdas de água em sistemas de distribuição. A implementação dessas tecnologias pode ajudar as empresas de saneamento, como a Sabesp, a melhorar a eficiência de seus sistemas, reduzir os custos operacionais e promover a conservação dos recursos naturais, garantindo assim o acesso à água potável para as gerações presentes e futuras.

Sistema de Controle de Vazão
Segundo Silva (2018), um sistema de controle de vazão é uma infraestrutura essencial em sistemas de distribuição de água, especialmente em empresas de saneamento como a Sabesp. Esse sistema permite monitorar, regular e otimizar o fluxo de água em toda a rede de distribuição, contribuindo para a redução das perdas de água e o uso mais eficiente dos recursos hídricos disponíveis.
Uma das principais funções de um sistema de controle de vazão é garantir que a quantidade de água fornecida aos consumidores atenda à demanda real, evitando desperdícios e prejuízos financeiros. Para isso, o sistema utiliza uma variedade de dispositivos e tecnologias, como válvulas de controle de pressão, medidores de vazão e sistemas de monitoramento remoto (MORAES, 2016).
As válvulas de controle de pressão são componentes essenciais de um sistema de controle de vazão. Elas são instaladas em pontos estratégicos da rede de distribuição e ajustam automaticamente a pressão da água com base nas condições de operação. Isso garante um fluxo estável e controlado em toda a rede, reduzindo o risco de vazamentos e rupturas de tubulações (VIDAL et al. 2013).
Segundo Moraes (2016), os medidores de vazão também desempenham um papel importante no sistema de controle de vazão. Esses dispositivos são instalados em diferentes pontos da rede e fornecem informações precisas sobre a quantidade de água que está sendo transportada em cada trecho da rede. Com base nessas informações, os operadores podem identificar rapidamente vazamentos e outras anomalias, permitindo uma resposta rápida e eficaz a eventos que possam afetar a eficiência do sistema.
Além das válvulas de controle de pressão e dos medidores de vazão, os sistemas de controle de vazão também podem incluir tecnologias avançadas de monitoramento remoto. Esses sistemas permitem aos operadores supervisionar e controlar a rede de distribuição de água de forma remota, por meio de sensores e sistemas de comunicação sem fio. Isso facilita a detecção precoce de problemas e a tomada de medidas corretivas antes que ocorram danos significativos ao sistema (SILVA, 2018).
Ainda segundo Silva (2018), outro componente importante de um sistema de controle de vazão é a modelagem hidráulica. Esse tipo de software permite simular o comportamento da rede de distribuição sob diferentes condições de operação, facilitando a identificação de pontos vulneráveis e a avaliação de estratégias de controle de vazão. Com base nessas simulações, os operadores podem otimizar o funcionamento do sistema e reduzir o desperdício de água.
Assim, um sistema de controle de vazão é uma ferramenta essencial para a gestão eficiente dos recursos hídricos em sistemas de distribuição de água. Ao utilizar uma combinação de válvulas de controle de pressão, medidores de vazão, sistemas de monitoramento remoto e modelagem hidráulica, as empresas de saneamento podem reduzir as perdas de água, otimizar o uso dos recursos disponíveis e garantir o fornecimento sustentável de água potável para a população.

Desafios e Oportunidades na Implementação de Soluções de Controle de Vazão
A implementação de soluções de controle de vazão enfrenta uma série de desafios e, ao mesmo tempo, oferece oportunidades significativas para melhorar a eficiência dos sistemas de distribuição de água. Entre os principais desafios estão questões técnicas, operacionais, financeiras, regulatórias e de conscientização pública (SILVA, 2018).
Para Vidal et al. (2013), um dos principais desafios técnicos está relacionado à complexidade dos sistemas de distribuição de água, que geralmente consistem em uma rede extensa de tubulações, estações de bombeamento, reservatórios e outros componentes. A implementação de soluções de controle de vazão requer uma compreensão detalhada do funcionamento desses sistemas, bem como a capacidade de identificar e corrigir problemas específicos, como vazamentos, pressão inadequada e variações de fluxo.
Inclusive, a interoperabilidade entre diferentes tecnologias e dispositivos também pode ser um desafio, especialmente em sistemas mais antigos que podem não estar totalmente integrados ou atualizados. A compatibilidade entre sistemas de controle de vazão e outros sistemas de gestão de recursos hídricos também é fundamental para garantir a eficácia e a eficiência das soluções implementadas (MORAES, 2016).
Ainda segundo Moraes (2016), outro desafio importante é a disponibilidade de recursos financeiros para investir em soluções de controle de vazão. A implementação de tecnologias e infraestruturas adequadas pode exigir investimentos significativos em equipamentos, instalações e pessoal especializado. As empresas de saneamento muitas vezes enfrentam restrições orçamentárias e podem ter dificuldade em justificar os custos associados à implementação de soluções de controle de vazão.

Além disso, questões regulatórias e burocráticas também podem representar desafios significativos. A implementação de soluções de controle de vazão pode exigir aprovações regulatórias, licenciamentos ambientais e conformidade com padrões e normas técnicas específicas. A falta de clareza ou consistência nessas regulamentações pode complicar ainda mais o processo de implementação e introduzir incertezas adicionais para as empresas de saneamento (SILVA, 2018).

Nesse contexto, ainda segundo Silva (2018), a conscientização pública e o engajamento da comunidade também são essenciais para o sucesso das soluções de controle de vazão. É importante educar os consumidores sobre a importância da conservação de água e os benefícios das soluções de controle de vazão, bem como envolvê-los no processo de monitoramento e conservação dos recursos hídricos.

Apesar desses desafios, a implementação de soluções de controle de vazão também oferece várias oportunidades para melhorar a eficiência dos sistemas de distribuição de água e promover a sustentabilidade hídrica. Por exemplo, a redução das perdas de água pode resultar em economias significativas de recursos e custos operacionais para as empresas de saneamento. Além disso, o uso mais eficiente dos recursos hídricos pode contribuir para a proteção do meio ambiente e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas (MORAES, 2016).

A implementação de soluções de controle de vazão também pode ajudar as empresas de saneamento a cumprir metas e regulamentações relacionadas à eficiência hídrica, redução de desperdício e sustentabilidade ambiental. Ao investir em tecnologias e práticas inovadoras, as empresas podem se posicionar como líderes no setor de saneamento e contribuir para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis e resilientes para os desafios hídricos enfrentados em todo o mundo (VIDAL et al. 2013).

Com isso, a implementação de soluções de controle de vazão apresenta desafios significativos, mas também oferece oportunidades importantes para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas de distribuição de água. Para maximizar os benefícios dessas soluções, é essencial abordar os desafios de forma abrangente e colaborativa, envolvendo todas as partes interessadas e aproveitando as melhores práticas e tecnologias disponíveis.

METODOLOGIA

Para garantir o fornecimento contínuo de água tratada à população, é imprescindível a captação de água bruta em fontes cada vez mais distantes e em condições adequadas para o tratamento. Esse processo demanda a mobilização de recursos significativos, particularmente em forma de energia elétrica. Na Estação de Tratamento de Água (ETA), responsável por produzir 21.000m³/h de água tratada, é necessário superar um desnível de 120 metros. Para tanto, é essencial o uso de uma bomba com capacidade de 230 litros por segundo e um motor de 500 cavalos de potência, ambos alimentados por energia elétrica em uma tensão de 440 volts. Manter esse sistema operacional implica em custos mensais substanciais, que inicialmente foram estimados em R$180.000,00. Dada a elevada capacidade de produção da ETA, qualquer perda no sistema, mesmo que mínima, pode acarretar em prejuízos consideráveis para a companhia fornecedora de água.

Durante a análise do sistema, uma observação peculiar chamou a atenção: a produção diária de água tratada apresentava pouca variação ao longo do ano, mesmo durante os meses de inverno, quando era esperado um menor consumo. Este fenômeno despertou meu interesse, pois os registros dos hidrômetros nas residências indicavam um consumo significativamente inferior. Isso resultava em uma redução na receita gerada pelo fornecimento de água. Diante dessa constatação, foi buscado investigar a causa desse problema, inicialmente conversando com os operadores do sistema, porém sem sucesso. Foi somente após uma pesquisa nos pátios dos reservatórios que recebem água tratada que foi identificada a causa raiz do desperdício. Durante as primeiras horas da manhã, verificou-se que um dos reservatórios transbordava, entre 3h e 7h da manhã. Essa descoberta revelou o destino da água tratada não faturada, que apesar de contabilizada como produzida, resultava em perdas significativas e um consumo elevado de energia (Figura 1).

Figura 1 - Extravasamento ETA todas as manhãs



Fonte: O Autor (2024)

Diante dessa constatação, foi questionado o operador responsável pelo sistema, que informou sobre as dificuldades em monitorar o transbordamento do reservatório. Vale ressaltar que a Estação de Tratamento de Água (ETA) opera com quatro captações em sistema de revezamento, sendo que em três delas o operador possui a capacidade de desligar conforme a necessidade. No entanto, a principal captação (Figura 2), denominada Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) de Sorocamirim, nunca pode ser desligada. Isso se deve ao fato de que a rede de distribuição, com extensão de 14 quilômetros e altitude de 400 metros, enfrenta frequentes ocorrências de rompimento de tubulação. Assim, a interrupção dessa captação estava fora de cogitação devido ao risco de agravamento desses incidentes.

Figura 2 – Medidor de Nível Ultrassônico.



Fonte: O Autor (2024)

Após obter informações do operador responsável, foi decido propor uma solução para auxiliá-lo no monitoramento preciso do nível de reservação de água tratada. Baseando-se em experiências anteriores, foi optado por instalar um sensor ultrassônico de nível, conhecido por sua alta confiabilidade e precisão na medição. Após realizar diversos testes e medições topográficas, além de analisar o tempo de retenção da água no processo, foi conseguido identificar o nível do reservatório e o ponto de transbordamento. Com base nessas informações, foram estabelecidos os níveis mínimo e máximo ideais para o trabalho de reservação de água, definindo uma margem de segurança que permitisse ao operador desligar de uma a três captações antes que o reservatório transbordasse.
Após implementar esse sistema, o operador expressou a necessidade de um alarme, uma vez que, devido às suas atribuições na ETA, poderia não perceber imediatamente qualquer sinal de alerta (Figura 3).

Figura 3 - Alarme



Fonte: O Autor (2024)

Diante desse feedback, foram testes com diferentes tipos de alarmes sonoros, porém, dada a extensão da área da estação, essa solução mostrou-se insuficiente. Como alternativa, foi desenvolvido um alarme utilizando a linguagem de programação C++ (Figura 4) e uma placa de prototipagem ESP 32 (Figura 5). Esse alarme foi projetado para enviar notificações para os celulares corporativos do operador e de seu gerente sempre que o nível de reservação atingisse o limite de segurança, indicando a necessidade de iniciar o processo de desligamento das captações.

Figura 4 - Código fonte do alarme

```
#include <Adafruit_FONA.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define SIM808_RX 2
#define SIM808_TX 3
#define SIM808_RST 4
SoftwareSerial SIM808SS =
SoftwareSerial(SIM808_TX, SIM808_RX);
SoftwareSerial *SIM808Serial = &SIM808SS;
Adafruit_FONA SIM808 =
Adafruit_FONA(SIM808_RST);
char* message = "Nivel ETA";
char* sendto = "11932400909";
void setup()
{
Serial.begin(9600);
Serial.println(F("iniciando"));
Serial.println(F("Inicializando...)"));
//Inicializa o SIM808 com velocidade de
comunicacao 9600bps
SIM808Serial->begin(9600);
//Inicia o modulo
SIM808.begin(*SIM808Serial);
Serial.println("Pronto!");
}
```

Fonte: O Autor (2024)

Figura 5 - Placa de prototipagem ESP 32



Fonte: O Autor (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema já em seu primeiro mês de utilização trouxe uma ótima redução na produção média passando de 20.117 mil m³/h para 19.972 mil m³/h, redução nunca vista em 12 anos. Mas ainda era possível reduzir mais a produção e o consumo de energia. No entanto, a EEEAB – Sorocamirim não pode ser desligada, devido ao fato de não esvaziar a rede, mas a diminuição da vazão poderia ser viável. Para tanto, havia a necessidade de trocar a partida do motor que era Soft Starter por Inversor de Frequência.

Foi solicitada ao departamento de engenharia a aquisição de um inversor, que prontamente nos atendeu com um inversor de 450 KW ao custo de R$500.000,00. Com o inversor instalado, o operador teria condições de reduzir a vazão da bomba da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) Sorocamirim sem desligá-la e evitando transtornos com transientes hidráulicos. No entanto, foi enfrentado outro desafio, uma vez que a EEAB Sorocamirim estava a 14 Km de distância do local onde o operador se encontrava, o que tornava inviável sua deslocação até o local para realizar a redução da vazão da bomba.

Por meio de conhecimentos diversos adquiridos, foram implementadas soluções para contornar essa situação. Primeiramente, foi instalada uma conexão de internet na EEAB Sorocamirim e desenvolvido um sistema de controle via web, além de um controle de referência de vazão digital no inversor. Foram predefinidas quatro vazões distintas para facilitar o controle operacional.

Para a operação remota, foi desenvolvido um aplicativo que aciona o inversor da EEAB Sorocamirim via web, permitindo ao operador selecionar uma das quatro vazões pré-definidas por meio de botões virtuais. Cada botão correspondia a uma vazão específica, garantindo total controle da produção sem a necessidade de desligar a bomba.

Com a implementação desse sistema, foi observada uma significativa redução na produção diária de água, que passou de 21.396 mil m³ em maio de 2021 para 17.937 mil m³/h. Além disso, a conta de energia elétrica, que era de R$168 mil reais, caiu para R$61 mil reais, gerando uma economia de mais de R$100 mil reais. O sistema está em operação desde outubro de 2021 e teve um investimento inicial de R$500.000,00 no inversor, além de R$4 mil reais nos controles. Até o momento, o sistema já gerou uma economia superior a R$3 milhões de reais somente em energia elétrica.

A Tabela 1 mostra as principais diferentes depois que o sistema foi implantado.

Tabela 1 - Consumo x produção

Ano	2021	Ano	2022		Ano	2023	
Mês	Produção (m³/mês)	Mês	Produção (m³/mês)	Diferença m³/mês	Mês	Produção (m³/mês)	Diferença m³/mês
Janeiro	20.606	Janeiro	18.171	-2.435	Janeiro	17.966	-205
Fevereiro	21.311	Fevereiro	17.916	-3.395	Fevereiro	17.726	-190
Março	21.427	Março	19.001	-2.426	Março	18.195	-806
Abril	21.820	Abril	18.477	-3.343	Abril	17.597	-880
Maio	21.396	Maio	18.233	-3.163	Maio		-18.233
Junho	20.087	Junho	18.292	-1.795	Junho		-18.292
Julho	20.117	Julho	18.598	-1.519	Julho		-18.598
Agosto	19.972	Agosto	17.571	-2.401	Agosto		-17.571
Setembro	18.696	Setembro	16.964	-1.732	Setembro		-16.964
Outubro	17.937	Outubro	16.981	-956	Outubro		-16.981
Novembro	18.494	Novembro	17.798	-696	Novembro		-17.798
Dezembro	18.467	Dezembro	17.746	-721	Dezembro		-17.746

Fonte: O Autor (2024)

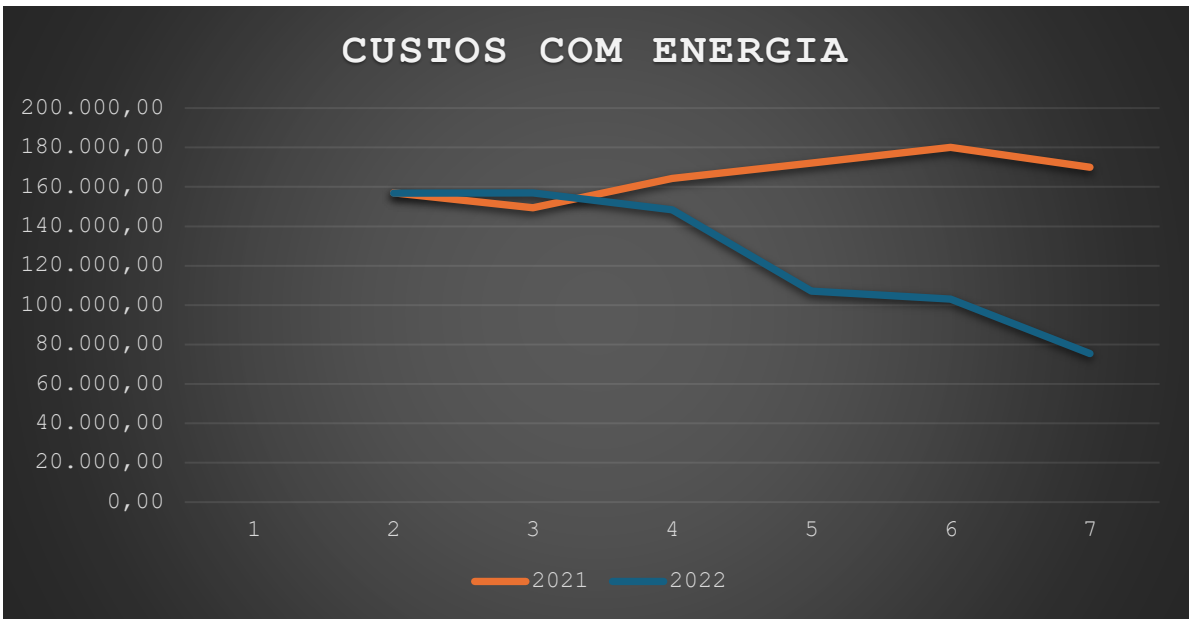
A Tabela 1 apresenta a produção mensal de água ao longo dos anos de 2021 e 2022. A análise dos dados revela uma diminuição consistente na produção de água em 2022 em comparação com 2021. A diferença na produção mensal entre os dois anos varia de -956 m³/mês em outubro até -3.395 m³/mês em fevereiro, mostrando uma redução significativa em diversos meses.

Essa diminuição na produção de água pode ser atribuída a uma série de fatores, como mudanças nas condições climáticas, variações na demanda de água, problemas operacionais ou falhas no sistema de abastecimento. Seria necessário um estudo mais aprofundado para identificar as causas específicas dessa redução na produção e desenvolver estratégias para mitigar esse declínio e garantir um fornecimento adequado de água para a população.

Além disso, a consistência na redução da produção ao longo dos meses sugere que o problema pode ser sistêmico e requer uma abordagem ampla e coordenada para sua resolução. A análise desses dados é crucial para a gestão eficaz dos recursos hídricos e a manutenção de um abastecimento estável de água para a comunidade.

É preciso destacar que, a redução no consumo foi tanta que a concessionária de energia abriu um processo para investigar possível fraude, mas nada foi constatado.

Tabela2 – Custos com energia



Fonte: O Autor (2024)

CONCLUSÃO

Em conclusão, a implantação do sistema de controle de vazão na Sabesp apresenta-se como uma estratégia fundamental para a redução das perdas de água e o consumo de energia. Ao longo deste estudo, foi possível evidenciar que a gestão eficiente dos recursos hídricos e energéticos é imprescindível para promover a sustentabilidade e a eficiência operacional da empresa.

Através da análise dos dados e resultados obtidos, ficou clara a importância da implementação de tecnologias modernas e sistemas de controle avançados, capazes de monitorar e otimizar o fluxo de água em toda a rede de distribuição. A utilização de dispositivos de medição precisa, juntamente com algoritmos de controle inteligentes, possibilita uma gestão mais eficaz dos recursos, reduzindo as perdas por vazamentos e otimizando o consumo energético.

Além disso, os benefícios financeiros e ambientais advindos da implementação desse sistema são significativos. A redução das perdas de água contribui não apenas para a preservação desse recurso natural vital, mas também para a diminuição dos custos operacionais da empresa. Da mesma forma, a otimização do consumo de energia elétrica resulta em uma redução das emissões de gases de efeito estufa e no aumento da eficiência energética como um todo.

Portanto, fica evidente que a implantação do sistema de controle de vazão é uma medida estratégica e vantajosa para a Sabesp, não apenas do ponto de vista econômico, mas também social e ambiental. Investir em tecnologias e práticas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos e energéticos é essencial para garantir o fornecimento de água de qualidade para a população, ao mesmo tempo em que se promove o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DINIZ, J. A. O.; PAULA, T. L. F.; GENARO, D. T. et al. Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público. Rio de Janeiro: CPRM, 2021.

2. GERMANOS, R. A. C.; CATALANI, F.; CABRAL, J. S. Inversores de Potência: Conceitos teóricos e demonstração experimental. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20200113, 2020.

3. HENKES, S. L. Gestão dos recursos hídricos: aspectos legais e institucionais. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2020.

4. LIMA, V. R. S. Eficiência energética em sistemas de saneamento básico sob a perspectiva do nexo água, energia e alimentos. 2022. 103f. Dissertação (Saúde Pública) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.

5. MEDEIROS, K. T. B.; LUCENA, M. M. A. Gestão dos recursos hídricos: uma revisão sob a perspectiva dos objetivos do desenvolvimento sustentável. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.12, n.1, 2023.

6. MORAES, D. L. Desenvolvimento de um Sistema de Controle e Medição de Vazão para Bombas Peristálticas. 2016. 74f. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2016.

7. NASCIMENTO, V. S.; FREITAS, S. C. L.; SENHORINI, K. C. C. O. et al. Eficiência Eletroenergética no Sistema de Saneamento Brasileiro. ACADEMIC JOURNAL ON COMPUTING, ENGINEERING AND APPLIED MATHEMATICS, VOL. 04, NO. 02, AUGUST 2023.

8. QUEIROZ, B. S. Gestão de energia no saneamento: estado atual e perspectivas para melhorias no setor. 2017. 125f. Dissertação (Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2017.

9. RENZO, M.; KLAUS, W.; ANTÔNIO, J. et al. Benefícios do inversor de frequência na geração distribuída fotovoltaica. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018.

10. RIBEIRO, L. L. Estudo e análise do uso do equipamento soft-starter em práticas de laboratóior de eletricidade. 2017. 2017f. Monografia (Engenharia de Energia) - Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

11. SILVA JUNIOR, J. F. Detecção de perdas em sistemas de distribuição de água através de rede de sensores sem fio. 2018. 167f. Dissertação (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2017.

12. SILVA, B. O. C. et al. Controle de Perdas de Água em Sistemas de Distribuição. [S.l.], 2013.

13. SILVA, V. C. Estudo de técnicas de controle de vazão aplicadas ao controle de nível de tanques industriais. 2018. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Ouro Preto. João Monlevade, 2018.

14. SOUSA, M. D. Softstarter - possibilidade de melhoria na eficiência do acionamento de motores e bombas hidráulicas. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_-_softstarer.pdf> Acesso em: 27 Mar. 2024.

15. VICENTINI, L. P. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água. 196 p. Tese (Dissertação) — Universidade de São Paulo, 2012.

16. VIDAL, L. C.; OLIVEIRA, T. M.; COUTINHO, L. C. et al. Controle de Vazão utilizando PID desenvolvido em linguagem gráfica LabVIEW e Transmissor Virtual. X SEGeT, out. 2013.

17. WEG. Manual da Soft-Starter SSW-06. Software: versão 1.4X. [S.l.], 2009.