MODERNIZAÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DE POÇOS: IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO NA AVALIAÇÃO DE CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS

Bruno Moreira Fernandes Mendes[(1)]
Engenharia de Controle e Automação, Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL). Atualmente trabalha na COPASA como engenheiro de automação na Gerência de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – GNDI, com atividades diversas de automação tanto para os Sistemas de Abastecimento de Água quanto para os Sistemas de Esgotamento Sanitário.
Alexandre Diniz Marques[(2)]
Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) especialista em engenharia de Internet das Coisas pela faculdade Unyleya e mestrando em inovação tecnológica e propriedade intelectual pela UFMG. Atualmente trabalha na COPASA como engenheiro de automação na Gerência de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – GNDI, com atividades diversas de automação tanto para os Sistemas de Abastecimento de Água quanto para os Sistemas de Esgotamento Sanitário.
Samuel Rodrigues Oliveira[(3)]
Engenheiro Industrial Eletricista, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET) especialista em Automação Industrial pela PUC Minas e mestrando em inovação tecnológica e propriedade intelectual pela UFMG. Atualmente trabalha na COPASA como engenheiro de automação na Gerência de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – GNDI, com atividades diversas de automação tanto para os Sistemas de Abastecimento de Água quanto para os Sistemas de Esgotamento Sanitário.

Endereço[(1)]**:** Rua Mar de Espanha, 525 – Santo Antônio – Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 30270-130 - Brasil - Tel: +55 (31) 3250-1420 - e-mail: bruno.mendes@copasa.com.br.

RESUMO

O teste de bombeamento de poços, ou teste de vazão, é uma prática essencial para a avaliação da capacidade produtiva de captações subterrâneas, bem como para subsidiar processos de concessão e renovação da permissão de uso da água. Tal procedimento permite a determinação da vazão ótima de operação, contribuindo para a prevenção da superexploração e da subutilização dos recursos hídricos subterrâneos.
Além de assegurar a legalidade da captação de água, o teste contribui para a gestão sustentável dos aquíferos. No entanto, ao se analisar o método tradicional de execução, observam-se oportunidades significativas de modernização — especialmente com a substituição de medições manuais por tecnologias automatizadas, como medidores de vazão eletromagnéticos e sondas hidrostáticas de nível contínuo acoplados a registradores de dados.
Nesse contexto, a incorporação de tecnologias automatizadas, representa um avanço significativo. Esses dispositivos possibilitam a aquisição de dados em tempo real, com maior precisão e confiabilidade, além de reduzirem a necessidade de intervenção humana durante o processo. A automação, portanto, não apenas eleva a eficiência operacional, como também melhora o processo em quesitos de saúde e segurança, evidenciando seu potencial para aprimorar a gestão do monitoramento dos poços.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, Poço, Vazão.

INTRODUÇÃO

O teste de bombeamento de poços, também denominado como teste de vazão, é um procedimento utilizado para avaliar a capacidade produtiva de captações subterrâneas e possibilitar a identificação da vazão ideal de operação, prevenindo tanto a superexploração quanto a subutilização dos aquíferos. Além disso, os resultados obtidos são utilizados para subsidiar processos de concessão e renovação outorga de uso dos recursos hídricos.
Nas metodologias tradicionalmente utilizadas, o teste é feito por meio de medições manuais de vazão e nível d'água em intervalos relativamente prolongados entre as coletas, métodos que, embora consolidados, apresentam limitações em termos de precisão, eficiência e segurança operacional.
Com os avanços tecnológicos, a automação dos testes de bombeamento apresenta-se como uma alternativa promissora para modernizar esse processo. A incorporação de dispositivos como medidores de vazão

eletromagnéticos e sondas hidrostáticas integradas a registradores de dados tem potencial para melhorar a qualidade dos dados obtidos, reduzir a necessidade de intervenção humana e tornar a gestão dos dados mais eficiente e confiável. Este artigo explora a aplicação dessas tecnologias automatizadas, analisando seus impactos sobre a eficiência operacional, a segurança e a confiabilidade dos dados nos testes de bombeamento de poços.

OBJETIVOS

O presente artigo tem como objetivo apresentar e avaliar a viabilidade técnica e operacional da modernização do processo de testes de bombeamento de poços por meio da implementação de medidores de nível e vazão e CLPs (Controlador Lógico Programável), utilizados para automatizar a medição, registro e monitoramento, comparando o método tradicional com o novo sistema. Especificamente, busca-se demonstrar:

- **Avaliar e comparar métodos:** Analisar o procedimento tradicional de teste de bombeamento de poços e identificar as principais limitações associadas às medições manuais, além de apresentar os resultados obtidos em um estudo de caso real.
- **Propor e validar inovações tecnológicas:** Investigar a viabilidade da substituição das medições manuais por dispositivos automatizados, como medidores de vazão eletromagnéticos e sondas hidrostáticas contínuas.
- **Aprimorar a gestão dos recursos hídricos:** Demonstrar como a automação pode melhorar a precisão dos dados, visto que no método tradicional é feito o preenchimento de uma tabela, enquanto no método apresentado obtém-se muito mais amostras das variáveis medidas, sendo possível criar gráficos mais completos e precisos.
- **Estabelecer diretrizes para modernização:** Oferecer recomendações para a implementação de sistemas de monitoramento automatizados em testes de bombeamento de poços.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia adotada envolveu a comparação entre o processo tradicional de teste de bombeamento e uma abordagem modernizada, implementada em um poço experimental no município de Casa Branca-MG. O estudo foi dividido nas seguintes etapas:

1 – Análise do Processo Tradicional:

- **Bombeamento e Monitoramento Inicial:** O teste inicia-se medindo o nível de água estático do poço em repouso com a bomba (ou compressor) desligada. Logo após, liga-se a bomba durante um ciclo de 24 horas, nesse período a vazão é mensurada com base no tempo necessário para encher um tambor de volume conhecido. No início deve ser realizada a cada cinco minutos e depois a cada duas horas (fase final).
- **Medição Manual do Nível de Água:** O nível do poço é monitorado por um medidor manual que emite um sinal sonoro ao entrar em contato com a lâmina d'água. Inicialmente, as medições ocorrem a cada minuto, sendo posteriormente espaçadas até intervalos de duas horas, inclusive durante a noite.
- **Fase de Recuperação:** Após o período de bombeamento, a bomba é desligada e inicia-se uma fase de recuperação de 24 horas, na qual o nível da água é novamente monitorado para avaliar a capacidade de recarga do aquífero e o comportamento inercial do poço.

2 – Implementação do sistema automatizado:

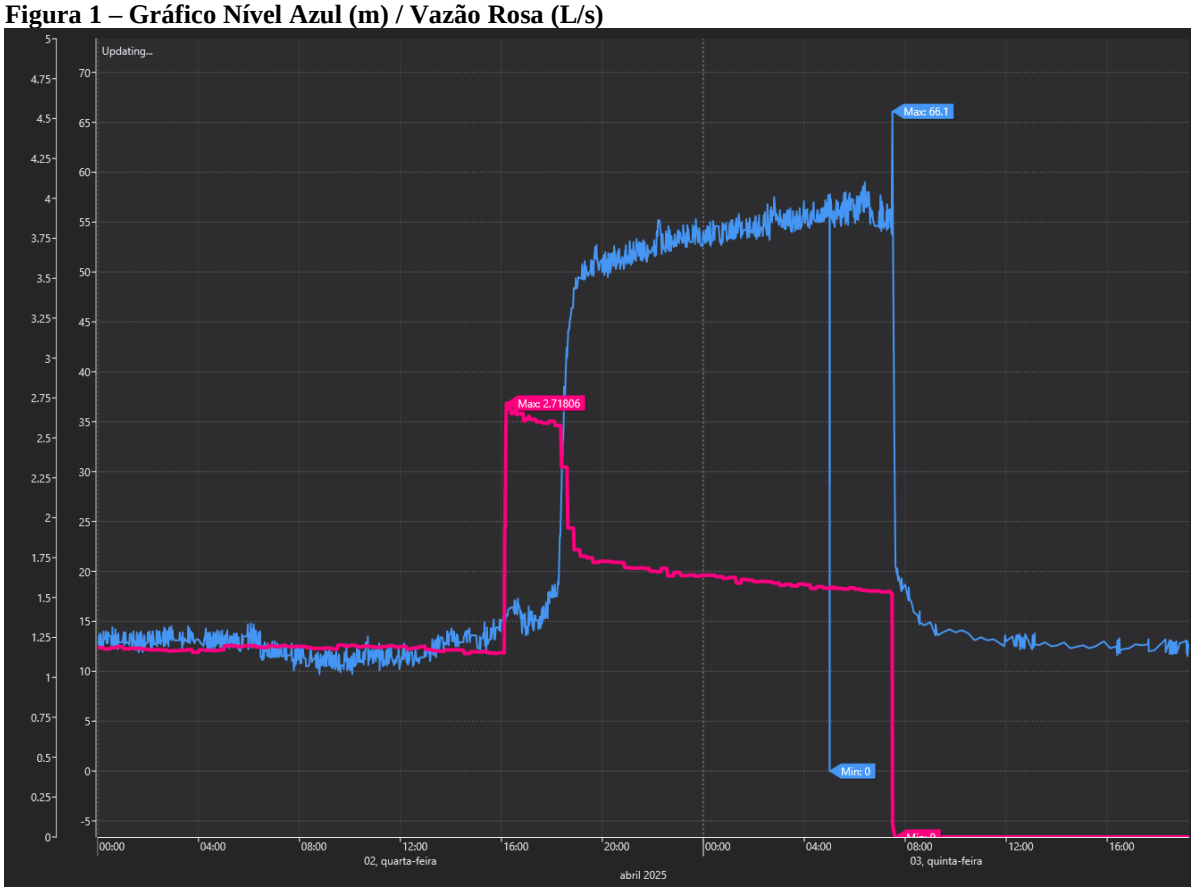
- **Estudo de Viabilidade:** Realizou-se uma análise técnica e econômica para a seleção dos equipamentos utilizados como sensores de vazão eletromagnéticos, sondas hidrostáticas de nível contínuo, monitoramento por telemetria, controladores programáveis (CLPs) e datalogers (registradores de dados).
- **Elaboração do Projeto Técnico e Montagem:** Com base no levantamento das variáveis (vazão e nível), foi desenvolvido um projeto que contemplou o dimensionamento do sistema, o layout e esquema elétrico dos painéis de monitoramento com os gateways e a lógica de programação dos dispositivos. A montagem física dos equipamentos envolveu também a definição dos pontos de instalação dos sensores.
- **Validação de Campo:** O painel construído foi instalado e testado em um poço localizado em Casa Branca-MG. Durante esse teste prático, foram registrados dados de medição em intervalos de apenas 30 segundos nos datalogers, e também monitoramento via telefonia celular 4G com APN privada e

protocolo de comunicação MQTT (publicação a cada 15 min ou histerese de variação de 5% com publicação imediata), o que possibilitou uma análise detalhada e em tempo real do comportamento do poço.

RESULTADOS OBTIDOS

A imagem abaixo ilustra de forma clara os resultados obtidos durante o teste prático de campo. A partir dessa representação gráfica, é possível constatar que, ao aumentar a vazão por meio da abertura do registro de água na saída do poço, ocorre uma elevação imediata do nível dinâmico. Esse nível, que é medido com a bomba em funcionamento, corresponde à distância, em metros, entre a superfície do solo e o ponto de contato da água, registrando a resposta do sistema ao aumento na taxa de bombeamento (quanto maior a vazão, maior o nível dinâmico). Em seguida, conforme a operação se estabiliza, a vazão atinge um equilíbrio, nesse momento continuam-se sendo executadas as medições das variáveis para análise do comportamento do nível dinâmico. Após isso, na etapa final do teste, a bomba é desligada para que se possa monitorar a recuperação natural do nível do poço, esse procedimento é essencial para avaliar a resiliência e a capacidade de recarga do aquífero, permitindo observar as características de resposta do sistema em repouso e observar quanto tempo leva para a água retornar ao seu nível inicial bem como alguns dos impactos gerados nesse local pela extração da água, através desse teste é possível também definir qual a potência correta da bomba que ficará em definitivo.

Figura 1 – Gráfico Nível Azul (m) / Vazão Rosa (L/s)



A aplicação do novo modelo automatizado revelou diversos benefícios operacionais e técnicos.

- **Maior Precisão e Frequência:** A medição contínua a cada 30 segundos ou com histerese de variação de 5% proporcionou uma visão detalhada da vazão e do nível do poço, superando a periodicidade de duas horas presente nas medições manuais e reduzindo consideravelmente erros de registro.
- **Eliminação de Intervenção Humana Noturna:** Ao automatizar as medições, eliminou-se a necessidade de monitoramento manual durante o período noturno, melhorando a segurança dos operadores e mitigando riscos associados a condições adversas (chuva, cansaço, animais peçonhentos, etc).

- **Geração de Dados Históricos e Análises Preditivas:** O sistema automatizado permitiu a criação de históricos, fundamentais para análises preditivas, identificação de tendências, definição da bomba e planejamento de manutenções, auxiliando na otimização contínua dos processos.
- **Eficiência Operacional e Segurança Técnica:** A integração dos dispositivos de medição e telemetria resultou em um processo mais ágil, seguro e confiável, demonstrando a do modelo implantado de atender às demandas técnicas e legais exigidas na captação de água subterrânea.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

A transição do método tradicional para um modelo automatizado implica em ganhos na qualidade e na confiabilidade dos dados obtidos durante o teste de bombeamento de poços. A frequência das medições permite detectar variações e anomalias em tempo real, facilitando uma resposta rápida a eventuais falhas ou desvios operacionais. Essa melhoria não só eleva a segurança do processo, como também assegura o cumprimento rigoroso dos parâmetros legais da captação de água.
A redução das medições manuais minimiza o erro humano e padroniza a coleta dos dados, contribuindo para uma análise mais precisa do comportamento do aquífero. Contudo, a implementação desse sistema requer um investimento inicial considerável, além de um corpo técnico devidamente capacitado para a montagem, programação e manutenção dos equipamentos. Assim, é fundamental realizar estudos complementares de custo-benefício e de treinamento dos profissionais envolvidos, de modo a tornar a transição para a automação viável em larga escala.
Por fim, a experiência do poço em Casa Branca demonstra o potencial real da automação para aprimorar a eficiência dos testes, e obter ganhos no que tange a segurança dos envolvidos. Isso sugere que, com a integração adequada dessas tecnologias, os responsáveis poderão avançar significativamente na modernização de suas práticas, promovendo uma gestão mais eficaz e segura.

CONCLUSÕES/ RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados obtidos e da análise realizada, conclui-se que a automação dos testes de bombeamento aumenta significativamente a precisão dos dados e a segurança operacional, ao diminuir a intervenção humana e permitir o monitoramento em tempo real.
Os ganhos operacionais e a geração de históricos detalhados abrem caminho para a implementação de análises gráficas e estratégias de definição dos parâmetros da bomba e de manutenção mais efetivas.
Os investimentos em tecnologia e treinamento técnico são fundamentais para a implantação bem-sucedida desse sistema implantado, sendo recomendada uma abordagem gradual.
Além disso, incentivos de modernização devem ser promovidos para facilitar a transição dos métodos tradicionais para a automação, garantindo que a captação de água subterrânea esteja alinhada com as melhores práticas de gestão ambiental e legal. Recomenda-se a ampliação do uso desse modelo automatizado para outros sistemas de captação, além da capacitação contínua das equipes técnicas em automação industrial e análise de dados. A continuidade dos investimentos em inovação e a integração com sistemas de gestão e inteligência artificial podem ampliar ainda mais os ganhos alcançados, aprimorar os processos e garantir a sustentabilidade em longo prazo dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Hidrologia. Diretrizes para Avaliação e Monitoramento de Aquíferos, 2021.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12244: poço tubular para captação de água subterrânea – Projeto, construção e desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

3. BRAGA, B. P. F.; TUNDISI, J. G. Gestão dos Recursos Hídricos. São Paulo: EdUSP, 2017.

4. Kruseman, G. P., & de Ridder, N. A. (1994). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. ILRI.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIDROLOGIA. Diretrizes para avaliação e monitoramento de aquíferos. 2021.

5. Silva, A. et al. Automação em Teste de Bombeamento: Desafios e Oportunidades. Revista Brasileira de Engenharia Hídrica, 2022.