



## IV-004 - SISTEMA AUTÔNOMO DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA

### **Rafael Francis Leite (1)**

Engenheiro Eletricista, Especialista em Saneamento Ambiental, Engenharia de Produção e de Segurança do Trabalho. Técnico Profissional na Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, Gerência de Pesquisa e Inovação – GPIN. Experiência nas áreas de Eletromecânica, Instrumentação, Controle e Automação Industrial em processos de Saneamento

### **Alana Pisoni (2)**

Fundação Parque Tecnológico Itaipu

### **Alexandre Moreno Lisboa (3)**

Técnico Mecânico, SANEPAR

### **Jéssica F. B. Wendt (4)**

Fundação Parque Tecnológico Itaipu

### **Jussara Elias de Souza (5)**

Itaipu Binacional.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** R. Engenheiros Rebouças, 1376, Rebouças, Curitiba, Paraná, Brasil - CEP 80215-900 - Brasil - Tel: +55 (41) 99908-0063 - e-mail: rfleite@sanepar.com.br

### **RESUMO**

Buscando estabelecer um equilíbrio sustentável entre o desenvolvimento econômico e demográfico e a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, considerando que a água é um bem de responsabilidade compartilhada, são fundamentais as iniciativas de pesquisa e inovação voltadas a estabelecer sistemas de monitoramento hídrico, analisando quali-quantitativamente as condições dos mananciais e para a tomada de decisões associada ao gerenciamento dos recursos hídricos. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos (i) identificar os principais métodos utilizados para o monitoramento remoto da qualidade da água, bem como (ii) os principais objetos (macro temas) de aplicação dessas técnicas. O primeiro objetivo foi atendido a partir do desenvolvimento de metodologias e técnicas invasivas e não invasivas de medição, buscando estabelecer padrões para a infraestrutura necessária a fim de garantir segurança e melhor performance operacional e de manutenção para os instrumentos, ao passo que o objetivo (ii) fez uso da mesma amostra de trabalhos. De posse dessas informações, a contribuição do trabalho reside em definir possíveis aplicações práticas das metodologias identificadas no escopo do Convênio entre a Gerência de Pesquisa e Inovação (SANEPAR), Itaipu Binacional e Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI- BR)

**PALAVRAS-CHAVE:** Estações de Monitoramento da Qualidade da Água, Sonda Multiparâmetros, Instrumentação Analítica, Medição da Qualidade da Água em Corpos Hídricos.

### **INTRODUÇÃO**

A preocupação com a segurança hídrica representa um tema prioritário na agenda de gestão do território, no controle e prevenção de enfermidades de transmissão hídrica, na melhoria da qualidade ambiental, no bem-estar e costumes dos seus habitantes (NUVOLARI, 2011). A respeito, a Organização das Nações Unidas pelo Meio Ambiente (UNEP) no sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), expõe que relacionamentos precários entre o Planejamento Territorial, o Saneamento Ambiental e a Gestão Sustentável da Água não só aprofundam a fragilização dos processos dos ecossistemas e as desigualdades sociais, como também cobram a vida de milhões de pessoas.

Nesse contexto, considerando a crescente urbanização e a concentração demográfica nos grandes centros populacionais, têm contribuído para a diminuição da qualidade das águas dos corpos receptores. À medida que a qualidade diminui, as demandas por água crescem proporcionalmente à população, impondo a necessidade de buscar água cada vez mais longe, às vezes em outras bacias.



Buscando estabelecer um equilíbrio sustentável entre o desenvolvimento econômico e demográfico e a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, considerando que a água é um bem de responsabilidade compartilhada, são fundamentais as iniciativas de pesquisa e inovação voltadas a estabelecer sistemas de monitoramento hídrico, analisando quali-quantitativa as condições dos mananciais e para a tomada de decisões associada ao gerenciamento dos recursos hídricos.

O projeto tem como objetivo identificar os principais métodos empregados no monitoramento remoto da qualidade da água, utilizando uma sonda multiparâmetros, que possibilita o acompanhamento das características físicas e químicas de corpos hídricos. Para isso, estão sendo desenvolvidas metodologias e técnicas de medição, com o intuito de estabelecer padrões para instalação da infraestrutura necessária e manutenção dos instrumentos e equipamentos empregados, visando um desempenho operacional e efetivo. Neste monitoramento da qualidade das águas, são acompanhadas as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais.

## METODOLOGIA

Para mensurar a qualidade da água nos corpos hídricos localizados na bacia do Rio Alegria em Medianeira-PR, foi implementado um sistema de célula de fluxo para captação de água no corpo hídrico, utilizando um conjunto de motobomba. A bomba é acionada remotamente por meio de um controlador (CR-800).

Os equipamentos (sonda e bomba) estão alocados dentro de uma “casa de alvenaria” já existente (Figura 1), proporcionando maior segurança, confiabilidade e redução no custo de manutenção do sistema. O sensor de nível está instalado juntamente com a captação da água a ser bombeada.

**Figura 1 – Monitoramento do Sistema por Célula de Fluxo.**



O sistema modelo de monitoramento automático para medição de parâmetros físicos e químicos da qualidade da água em corpos hídricos é composto por uma célula de fluxo, uma sonda multiparâmetros, duas bombas de recalque, um painel de comando e um gabinete itinerante.



A célula de fluxo consiste em uma sonda multiparâmetros instalada em um barrilete de PVC de 20 litros, com tubulações de PEAD de 3/4" polegada na entrada, de 1" polegada na saída da água e um extravasor na parte superior de 1" polegada para evitar extravasamentos. O barrilete foi adaptado com uma abertura circular de 2" polegadas na tampa para montagem vertical da sonda. A medição é realizada por meio da captação de água do corpo hídrico em dois pontos: um a montante e outro a jusante do lançamento do efluente tratado, a aproximadamente trinta metros de distância da célula de fluxo. O bombeamento é realizado por duas bombas sapo submersas, após o acionamento remoto e automático das bombas por meio de um painel de acionamento, esta etapa é executada por um datalogger modelo CR800 Campbell Scientific.

Atualmente, o sistema está instalado em um abrigo de alvenaria, mas futuramente será transferido para um gabinete que será utilizado para campanhas itinerantes, proporcionando mobilidade para ser transportado a diferentes locais.

A sonda é equipada com sensores de pH, temperatura, potencial de oxirredução, oxigênio dissolvido, condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos e turbidez, executando a medição simultânea desses parâmetros físicos e químicos. O sistema de controle e comunicação para a aquisição de dados integra-se ao acionamento das bombas pelo datalogger CR800, alternando o bombeamento entre os pontos a montante e a jusante a cada 30 minutos. A transferência dos dados é realizada por uma rede móvel 4G.

Para simular um sistema flutuante de monitoramento, boias foram instaladas nas bombas. Esse mecanismo permite que a bomba acompanhe o nível do rio, assegurando sua flutuação durante eventos de cheia, evitando que fique no leito do rio em períodos de estiagem, bombeando sedimentos ou que seja soterrada. As bombas estão ancoradas por meio de uma corrente fixada a uma haste instalada à margem do rio. O sistema de bombeamento é composto por duas bombas modelo anauger 800 com potência de 380W, vazão mínima de 500 l/h e altura manométrica máxima de 70 mca.

## RESULTADOS OBTIDOS

O monitoramento visa, ao final, permitir uma avaliação adequada da qualidade da água. Para tanto, podem ser utilizadas diversas configurações em termos de localização dos pontos de monitoramento, periodicidade e tipo de parâmetros monitorados. Realizado em pontos estratégicos para acompanhamento da evolução da qualidade das águas, identificação de tendências e apoiar a elaboração de diagnósticos. Além disso, os resultados obtidos no monitoramento permitem a identificação de locais onde é necessário um maior detalhamento.

Chen et al. (2018) avaliaram a eficácia do uso de sondas multiparâmetros para o monitoramento contínuo da qualidade da água em uma cidade inteligente, visando melhorar a gestão de recursos hídricos e a resposta de contaminações. A implementação de sondas foi realizada em pontos de corpos hídricos, monitorando parâmetros como pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.

O uso dessas tecnologias permite a coleta e transmissão de dados em tempo real, possibilitando a identificação rápida de mudanças na qualidade da água. Comparado com métodos tradicionais de amostragem de água, as vantagens incluem a rápida geração de resultados e a coleta de uma maior quantidade de dados, visto que as amostragens periódicas podem não capturar eventos de poluição que ocorrem nesse período de tempo (CHEN et al., 2018).

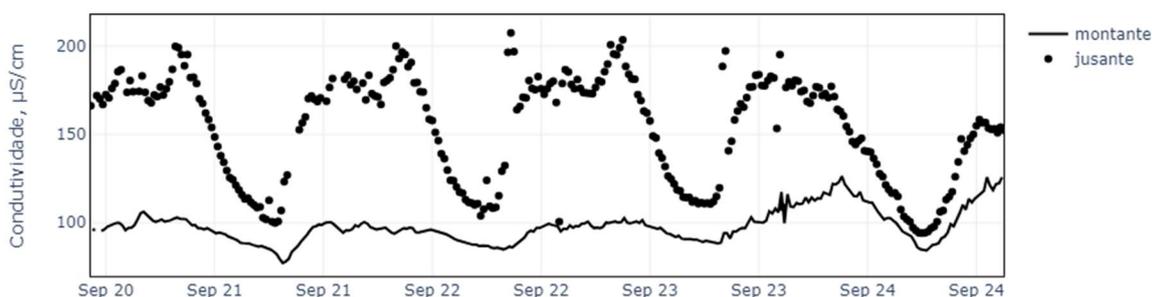
Os sensores inteligentes demonstram alta precisão e confiabilidade nos dados coletados. A integração dos sensores para coleta de dados com a internet, reduzir a necessidade de amostragem manual e análise laboratorial, economizando tempo e recursos (SALUNKE; KATE, 2017). A coleta contínua de dados por um período determinado permite análise de variações temporais na qualidade da água (SALES et al., 2014).



Para a escolha da sonda, é importante considerar fatores como precisão, custo, facilidade de uso e robustez. As sondas necessitam de uma manutenção regular e a calibração correta para garantir essa precisão nos dados. Na instalação, é necessário ter alguns cuidados como não colocar a sonda em locais suscetíveis a problemas de segurança e enxurradas (SALES et al., 2014).

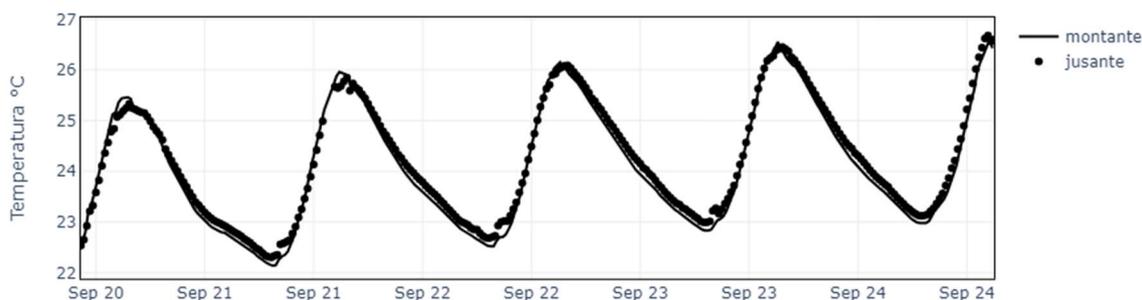
No monitoramento da qualidade da água, foi identificada a sensibilidade do parâmetro condutividade ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), medida que demonstra a facilidade da água em conduzir a corrente elétrica (Figura 2). De modo a estabelecer relações entre a condutividade e ao teor de sólidos dissolvidos na forma de íons, ambos os parâmetros estão relacionados diretamente a cargas poluidoras.

Figura 2 – Parâmetro de Condutividade no Rio Alegria em Medianeira.

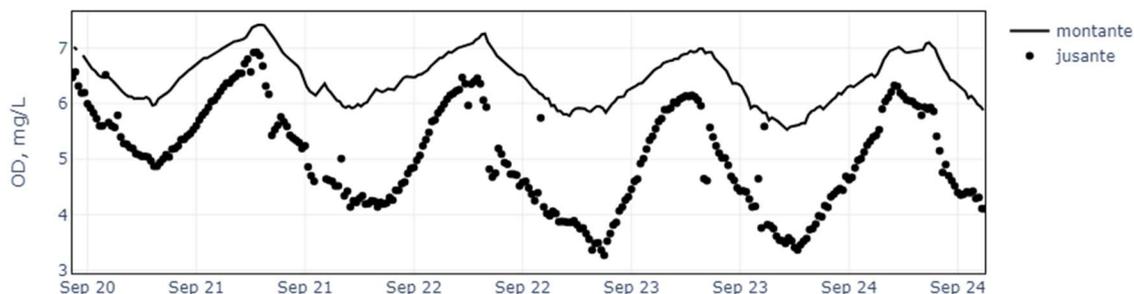


Como a captação de água para a célula de fluxo ocorre próxima a superfície da água, os resultados refletem as características do epilimnio ou a camada superficial do corpo hídrico, onde a temperatura da água é mais sensível a radiação solar e a concentração OD e pH tendem a ser mais elevados (CHEN et al., 2018). O monitoramento contínuo da qualidade da água permitiu a observação de detalhes sobre a flutuação diária da qualidade da água, algo que as medições manuais, limitando a variações sazonais, não podem fornecer. A coleta manual se restringe a um momento do dia, não possibilitando a obtenção de médias diárias, e não permite determinar, por exemplo, se a temperatura da água medida é maior ou menor que a média diária. Desta forma, o monitoramento manual da qualidade da água pode fornecer apenas uma tendência geral da qualidade da água a longo prazo, enquanto o monitoramento automatizado e contínuo *in loco* pode fornecer informações com detalhes suficientes para a análise da flutuação real da qualidade da água, como observado nas Figuras 3 a 6 para o período selecionado de setembro de 2023.

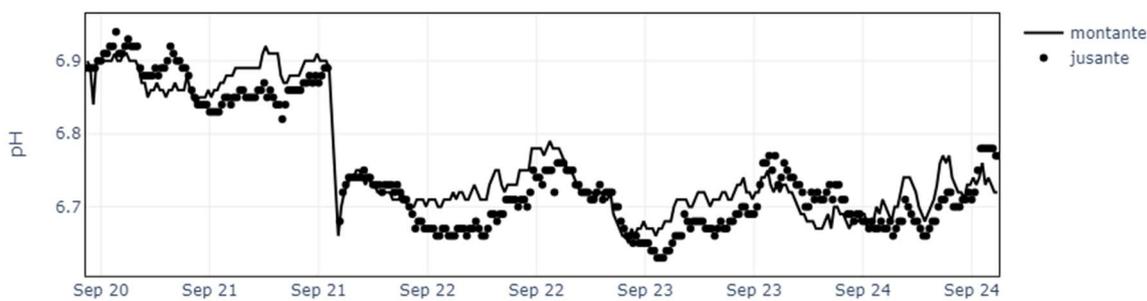
Figura 3 – Parâmetro de Temperatura no Rio Alegria em Medianeira.



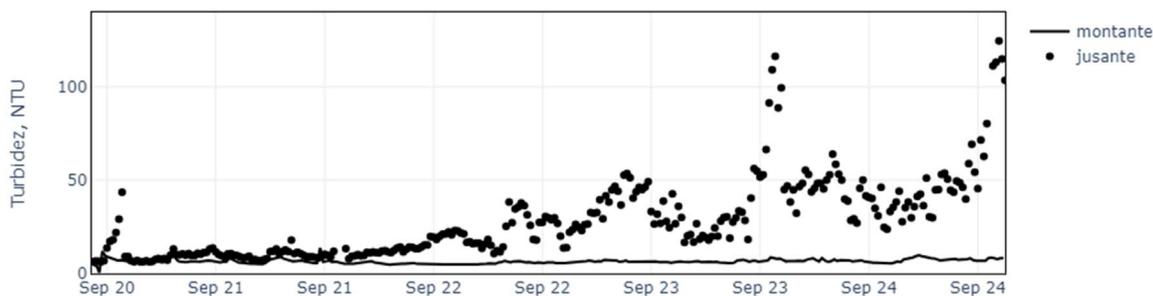
**Figura 4 – Parâmetro de Oxigênio Dissolvido (OD) no Rio Alegria em Medianeira**



**Figura 5 – Parâmetro de pH no Rio Alegria em Medianeira**



**Figura 6 – Parâmetro de Turbidez no Rio Alegria em Medianeira**



Alam et. Al. (2021) desenvolveu um sistema multiparâmetro de monitoramento da qualidade da água com uma variedade de sensores eletroquímicos de baixo custo, fáceis de usar e de alta sensibilidade. O sistema fornece interconexão entre sinal dos sensores, processamento de sinal, transferência de dados sem fio e operação baseada em aplicativos. Foram observadas diferenças abaixo de 5% para sensores de pH, cloro livre e temperatura, em comparação com métodos de referência.

Sob o ponto de vista estrutural da estação de monitoramento, foram desenvolvidos requisitos para a instalação dos módulos de monitoramento automático, tais como: determinação da curva-chave para previsão de possíveis alagamentos, segurança dos equipamentos contra vandalismo e configuração do sistema de comunicação.

O desenvolvimento do projeto possibilitou a implementação de sistema que realiza a coleta a montante e jusante com apenas uma Sonda Multiparâmetros, acionados através do controlador CR800, intercalando as análises. Isso possibilita análises mais precisas sobre os impactos ambientais relacionados ao processo de tratamento.



## CONCLUSÕES

O monitoramento automático possibilita uma avaliação contínua e adequada da qualidade da água no corpo hídrico, por meio de análises dos parâmetros registrados utilizando uma sonda multiparâmetros. A localização dos pontos de monitoramento, a frequência das leituras e os parâmetros físico-químicos monitorados podem ser alterados conforme as necessidades do projeto.

A instalação das bombas, boias, e o acionamento do sistema a montante e a jusante do corpo hídrico garantem o funcionamento do sistema. Com isso, é possível obter dados contínuos em tempo real, de maneira eficiente e precisa. Esses dados podem servir para a gestão dos recursos hídricos e a mensuração de benefícios ambientais e socioeconômicos providos da implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 1. ed. Brasil: Blucher, 2011. v. 1
2. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, Volume 1: Introdução À Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª Edição. Belo Horizonte, Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005
3. CRESPO, P. G. **Elevatórias nos sistemas de esgoto**. Belo Horizonte, UFMG, 2001.
4. CHEN, Y.; HAN, D. **Water quality monitoring in smart city: A pilot Project**. Automation in Construction. 2018.
5. SALUNKE, P.; KATES, J. **Advanced Smart Sensor Interface in Internet of Things for Water Quality Monitoring**. Zeal Education Society. 2017.
6. SALES, L. M. S.; PRADO, R. B.; GONÇALVES, A. O. **Análise comparativa entre sondas multiparamétricas para avaliação da qualidade da água para fins agroambientais**. Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária. 2014.
7. ALAM, A. U.; CLYNE, D.; DEEN, M. J. **A Low-Cost Multi-Parameter Water Quality Monitoring System**. Sensores, 21 (11), 3775. 2021.