

**1 TURBIDIMETRO, 8 FILTROS - MEDIÇÃO INDIVIDUAL DE TURBIDEZ FINAL DOS  
FILTROS E INTEGRAÇÃO DOS DADOS EM ATENDIMENTO A PORTARIA GM/MS 888 - 4  
DE MAIO DE 2021MS**

**Erivandro Oliveira Sampaio <sup>(1)</sup>**

Técnico em eletrônica pelo Instituto monitor (2003), Tecnólogo em sistemas para internet pela Universidade ENIAC (2009), bacharel em sistemas da Informação pela Universidade ENIAC (2011), MBA em Engenharia do Saneamento Básico pela universidade Cândido Mendes, responsável pelas ETA's Cabuçu, Tanque Grande e Ribeirão da Estiva na unidade negócio de Produção de Água Sabesp – MATG

**Duarte Nuno Freitas Gomes <sup>(2)</sup>**

Técnico em eletrônica pela ETE São Paulo (1999), Tecnólogo em Processamento de dados pela FATEC São Paulo (2005), Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do ABC (2017), Engenheiro de instrumentação e robótica pela Universidade federal do ABC (2020)

**Sheila Gozzo Camera <sup>(3)</sup>**

Mestrado (1994) e doutorado em ciências pela Instituto de Química/USP (2000)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Pedro de Souza Lopes, 7903, - Cabuçu – Guarulhos - SP - CEP: 07074-000 - País - Tel: +55 (11) 2232-2350 - Fax: +55 (11) 98214-5482 - e-mail: [esampaio@sabesp.com.br](mailto:esampaio@sabesp.com.br).

**RESUMO**

Para atender aos parâmetros de qualidade de água tratada especificados pela legislação vigente, faz-se necessário o levantamento das características físico-químicas da água, sendo a turbidez um parâmetro importante do ponto de vista microbiológico e organoléptico. O presente trabalho visa apresentar o CASE de uma tecnologia de amostragem para a análise individual de turbidez da água filtrada dos filtros da ala 1 da ETA Guaraú, que permite coletar e analisar em tempo real amostras de oito filtros em um único equipamento. O projeto, desenvolvido inteiramente pela equipe da SABESP, faz uso de sequenciador de amostras, projetado com válvulas solenoides de fluxo constante e vazão com pressão de 0 kgf/cm<sup>2</sup>. Todo esse sistema é gerenciado por uma CLP (Central Lógica Programável), que gerencia a seleção dos filtros a cada 15 minutos, indicando no IHM a medição instantânea e o armazenamento das últimas leituras dos filtros, com a integração dos dados diretamente no supervisório e banco de dados com disponibilidade on-line aos órgãos de controle.

**PALAVRAS-CHAVE:** Turbidímetro; Chaveamento; Filtros; ETA

**INTRODUÇÃO**

A água para consumo humano deve atender à legislação vigente de controle de qualidade da água, pela qual o atendimento do percentual de aceitação do limite de turbidez da água filtrada deve ser verificado com base em amostras coletadas a cada duas horas, preferencialmente no efluente individual de cada unidade de filtração. O desafio era cumprir essa exigência em uma ETA com 48 filtros e a dimensão da ETA Guaraú sem a necessidade de aquisição dessa quantidade de turbidímetros. Somado a isso, não havia tecnologia disponível no mercado para atender a essa diretriz, então, havia um desafio maior ainda, que era desenvolver essa tecnologia internamente, onde o processo da amostra não ficava parada na linha de amostragem aguardando o momento de passagem pelo turbidímetro, o modelo desenvolvido tem o fluxo constante de água o que evita o acúmulo de sujeiras nas linhas e no equipamento, fazendo com que não tenha erros nas amostragens.

## **OBJETIVO**

O desafio legal, frente tal conjuntura, era encontrar uma solução para atender as exigências legais, buscar um método confiável e bem mais viável economicamente para a empresa, daí veio desafio de criar uma solução tecnologia que atendesse as necessidades, e depois de algum tempo de estudo e desenvolvimento, foi criado o modelo de chaveamento de amostras que traria a solução para o projeto, confiabilidade à metodologia e o enquadramento em atender a portaria.

## **SOLUÇÃO TÉCNICA**

Com o desenvolvimento desse sistema, foi possível a redução do número de equipamentos e de estrutura para as análises da turbidez dos filtros, onde utilizando 1 painel de chaveamento, 1 turbidímetro e um programa de computador usando uma linguagem em Ladder e uma POU de alarmes em texto estruturado e a comunicação com o IHM feita em Modbus, é feita a leitura de 8 filtros por 15 minutos cada um deles, sendo chaveadas automaticamente, indicando a leitura instantânea do filtro monitorado e os últimos períodos dos demais sendo registrados as médias.

Todo o sistema foi desenvolvido pela equipe técnica da SABESP, e a economia gerada na aquisição dos Turbidímetros foi de 87,5%, e todo esse percentual se aplica na implantação estrutural e de manutenção, o parque de análises finais ficou compacto em equipamentos e estruturas.

## **INOVAÇÃO**

Para realizar as medidas de turbidez de água filtrada individual de 48 filtros com um número reduzido de equipamentos, a solução era analisar uma quantidade maior de filtros em um mesmo equipamento analisador. A inovação, nesse caso, é o sistema amostrador desenvolvido para coletar amostras de oito filtros e alternar o encaminhamento para análise individual de turbidez em tempo real em um único equipamento.

O painel com solenoides, tem a função de sequenciamento das amostras dos filtros, recebendo um pulso elétrico no momento do fechamento para assim direcionar o fluxo da válvula selecionada para o Turbidímetro, esse processo acontece a cada 15 minutos, tendo um reflexo perfeito para leitura da análise após 01 minuto, o pulso é emitido pela lógica criada na CLP, o programa tem a função de seleção automática de amostras e também a inibição temporária do filtro em caso de lavagem ou manutenção.

A válvula solenoide devido à baixa pressão das amostras, obrigatoriamente tem que ter a função de ação direta, ou seja, vazão com pressão de 0 kgf/cm<sup>2</sup>, esse sistema funciona com a passagem da água continua nas linhas e somente sendo fechada no momento de enviar para a análise do turbidímetro, o que mantém as linhas sempre limpas e as amostras em trocas constantes.

**O DIFERENCIAL**



Imagem 1 – Painel de chaveamento de amostras

## O PROJETO

Para atender a diretriz, a ala de filtração, composta por 16 filtros, foi dividida em duas.....



Imagem 2 – Vista Geral do sistema de análises



Imagem 3 – Turbidímetro

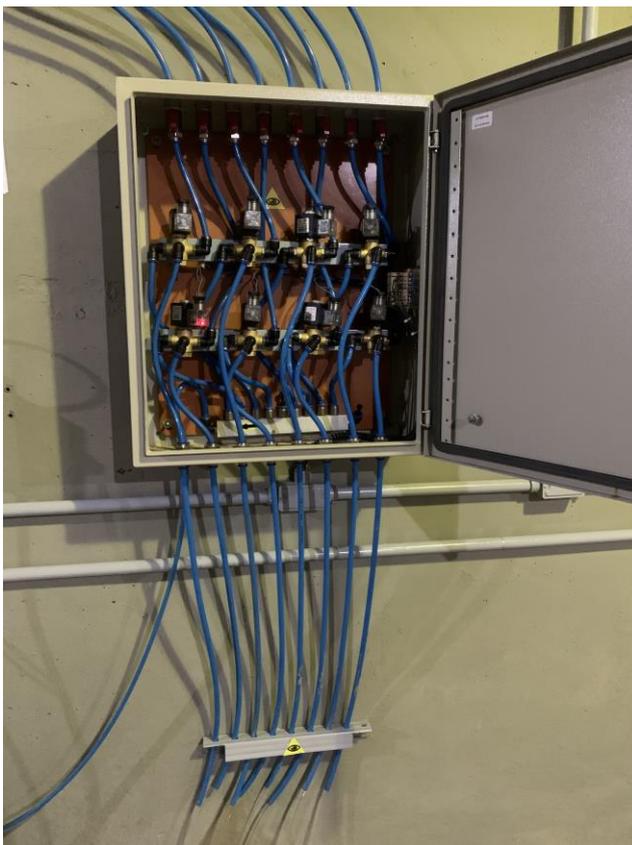


Imagem 4 – Painel de chaveamento de amostras

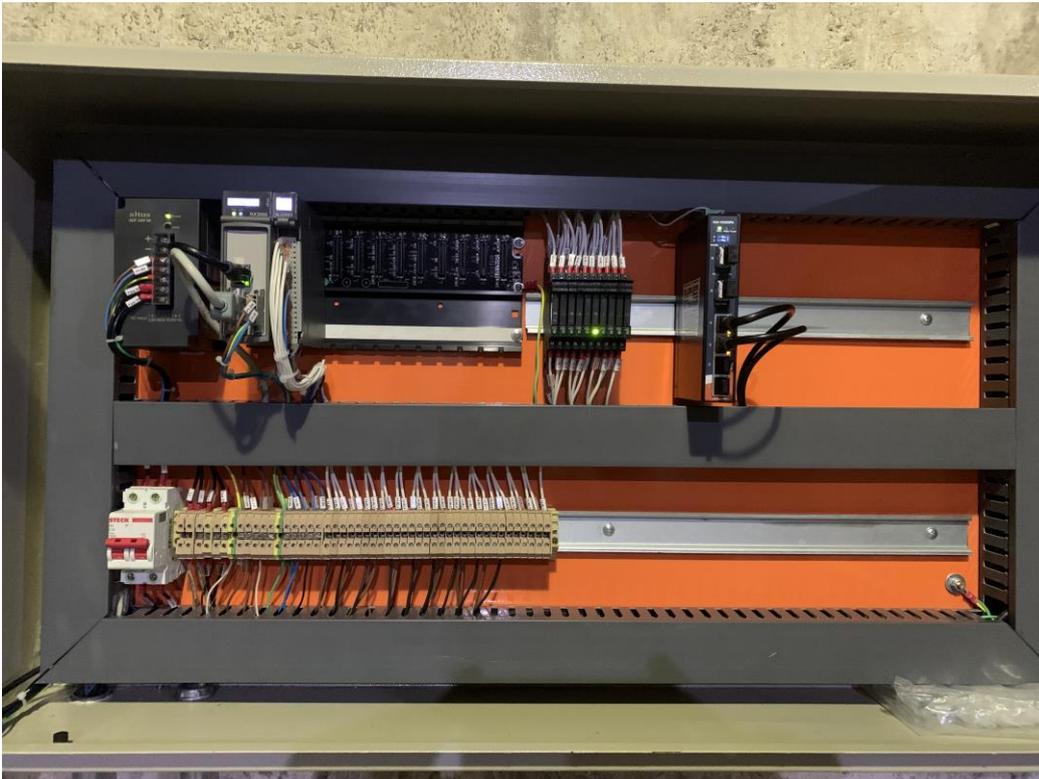


Imagem 5 – CLP (Central lógica programável)



Imagem 6 – Resultado das análises no IHM

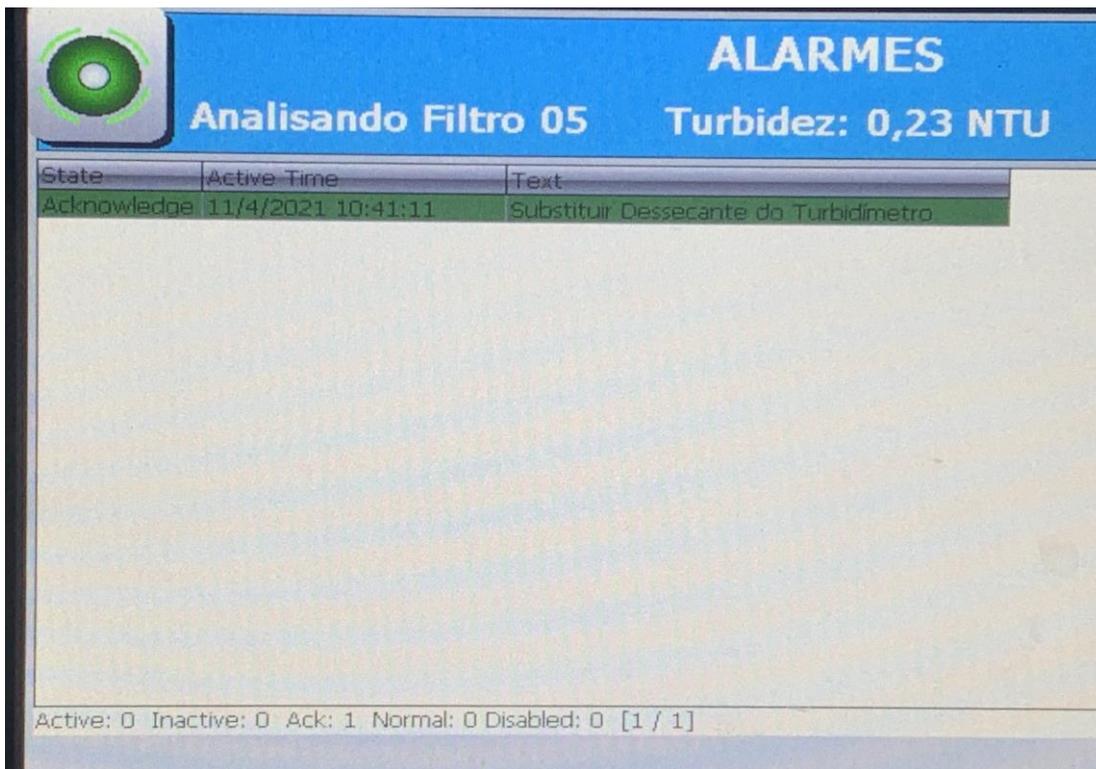


Imagem 7 – Tela de alarmes

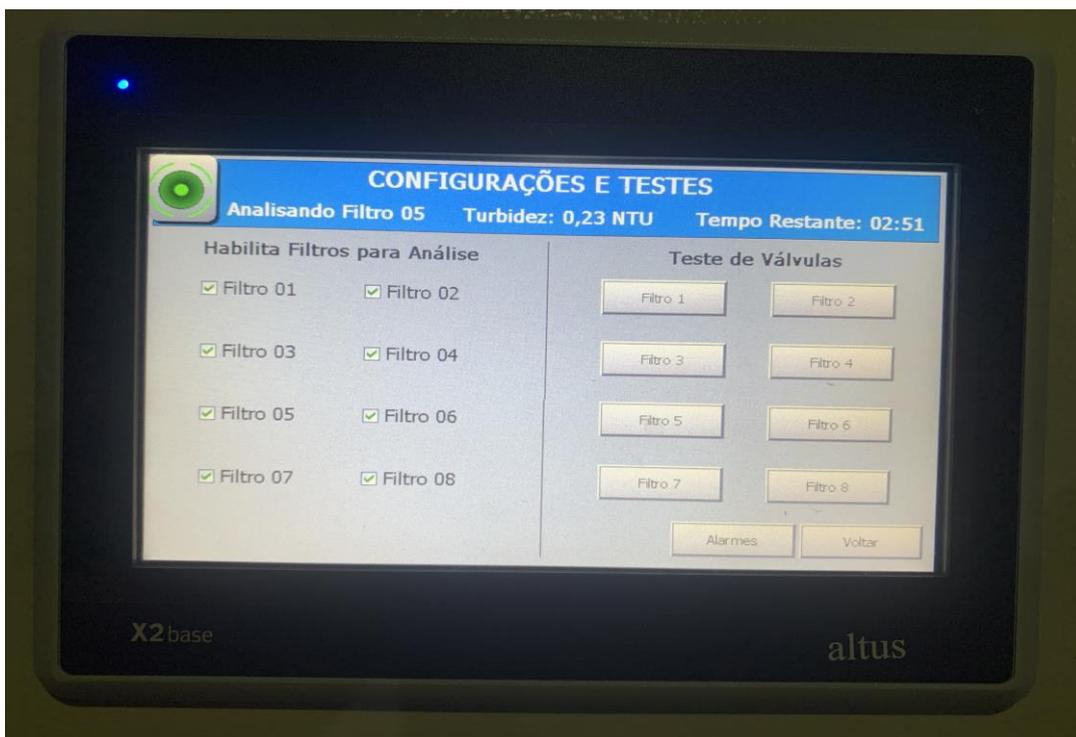


Imagem 8 – Tela de manutenção

## METODOLOGIA UTILIZADA

Nos testes com o analisador de turbidez foi utilizado como parâmetro de confiabilidade um desvio crítico de  $\pm 0,05$  NTU (Nefelometric Turbidity Unit); as leituras eram feitas no equipamento e comparadas com os resultados do equipamento de bancada do laboratório de análises físico-químicas da ETA Guaraú, para comparação, foram coletadas amostras individuais na saída dos filtros para análise em bancada. O equipamento utilizado em bancada é um turbidímetro HACH modelo TU5200, com certificado de calibração por laboratório acreditado e verificação com padrões rastreáveis, laboratório EVAGON – Gestão Analítica, sob o número de certificado EVO 13579 de 29/07/2020. O equipamento utilizado em campo é um analisador Prominent TUC 4. O princípio da medição de turbidez é conhecido por nefelometria, ele mede a quantidade de material sólido suspenso, a partir da luz dispersa num ângulo de  $90^\circ$  em relação a um feixe de luz incidente, a turbidez é um dos parâmetros de qualidade de avaliação das características físicas da água bruta e da água tratada, o valor máximo permitido para água tratada é de 1 NTU (unidade nefelométrica de turbidez) na saída das ETA's (Estações de Tratamento de Água) e 5 NTU em qualquer ponto de medição na rede de distribuição.

## ANÁLISES DOS DADOS

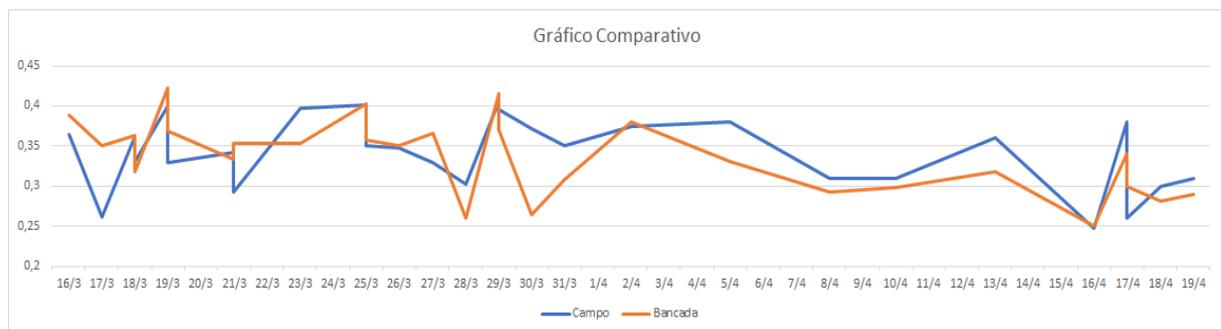


Imagem 9 - Gráfico comparativo bancada x equipamento

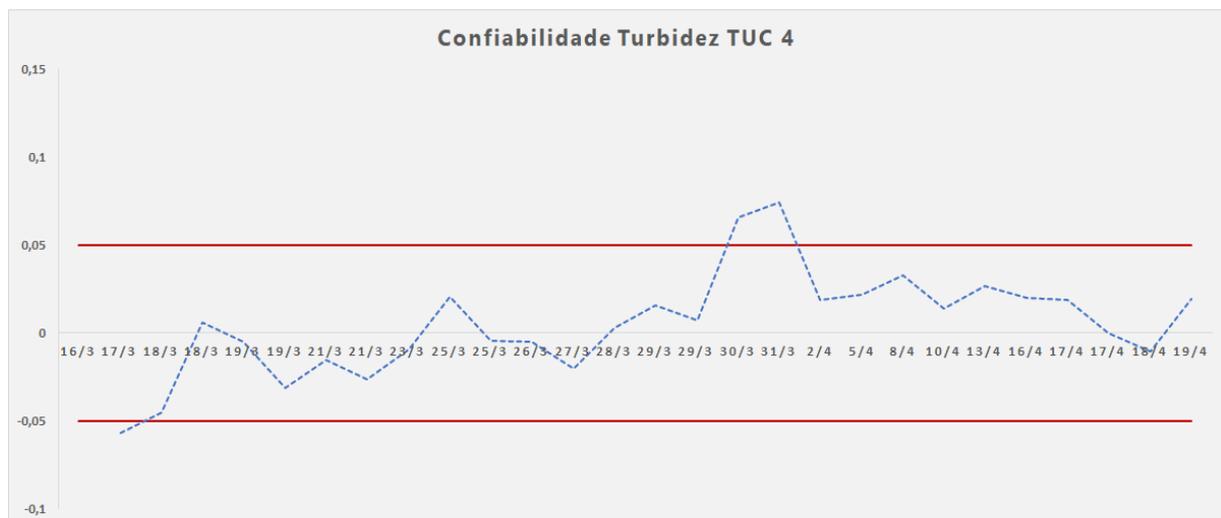


Imagem 10 - Gráfico da confiabilidade do equipamento

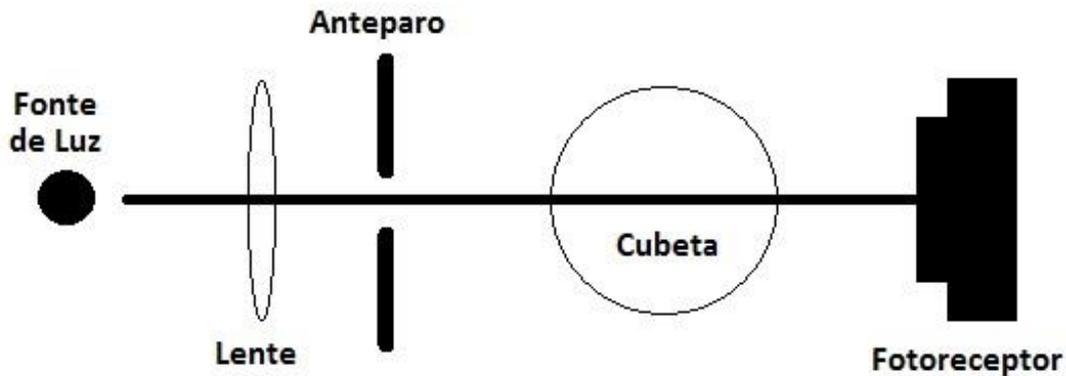
Com os resultados apresentados, mostra a eficácia do projeto tanto quanto as análises individuais, e também quanto a confiabilidade nas amostragens, atendendo assim as exigências da portaria.

## O TURBIDÍMETRO

O equipamento pode atuar adotando um dos dois métodos citados abaixo (dependendo do modelo)

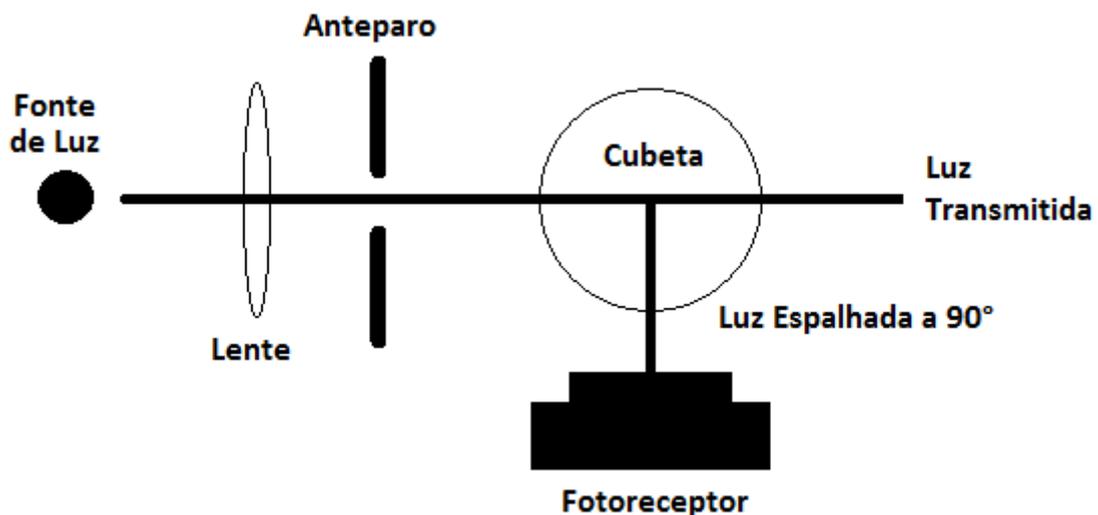
### 1 – Feixe simples

Neste método, o parâmetro é medido pela luz que chega ao sensor receptor localizado a 180° da fonte de emissão. A luz não sofre qualquer desvio ou interferência ao atravessar o líquido. Consequentemente, a turbidez é resultante da diferença entre a intensidade de luz emitida e recebida pelo sensor.



### 2- Radiação espalhada

Neste método, a luz irradiada colide com as partículas sólidas e é espalhada em meio ao líquido. Através de um sensor que recebe a luz dispersa num ângulo 90° em relação ao feixe de luz incidente, a turbidez é determinada, é comum também a medição sob o ângulo de 45°



## INVESTIMENTO

### Planilha de Custos

A instalação do projeto piloto na ETA Guaraú teve o custo em:

CUSTOS SISTEMA TURBIDIMETRO	
Programação implantação - 80 HORAS Hora homem Sabesp	R\$ 2.200,00
Montagem de Quadro elétrico, Hidráulico e fornecimento de válvulas	R\$ 6.400,00
Instalação de painéis e tubulações	R\$ 3.215,87
Turbidímetro	R\$ 7.000,00
Switch	R\$ 5.525,75
CLP	R\$ 6.369,85
IHM	R\$ 5.244,00
Fonte	R\$ 435,00
Cartão Saída Digital	R\$ 2.377,05
TOTAL	R\$ 38.767,52

### APRESENTAÇÃO E INTEGRAÇÃO DOS DADOS



Imagem 11 – Telas no laboratório

<b>Bateria de Filtros 02</b>		
	<b>Resultados</b>	<b>Data e Hora das Análises</b>
Filtro 09	0,18 NTU	15/08/2022 10:31:27
Filtro 10	0,20 NTU	15/08/2022 10:46:27
Filtro 11	0,24 NTU	15/08/2022 11:01:27
Filtro 12	0,19 NTU	15/08/2022 11:16:27
Filtro 13	0,18 NTU	15/08/2022 11:31:27
Filtro 14	0,19 NTU	15/08/2022 11:46:27
Filtro 15	0,24 NTU	15/08/2022 12:01:27
Filtro 16	0,19 NTU	15/08/2022 12:16:27

<b>Analisando Filtro 09</b>	
Tempo Restante	10:00
Turbidez Atual	0,18 NTU
Data e Hora - CLP	15/08/2022 12:21:27

Imagem 12 – Visualização dos resultados no laboratório

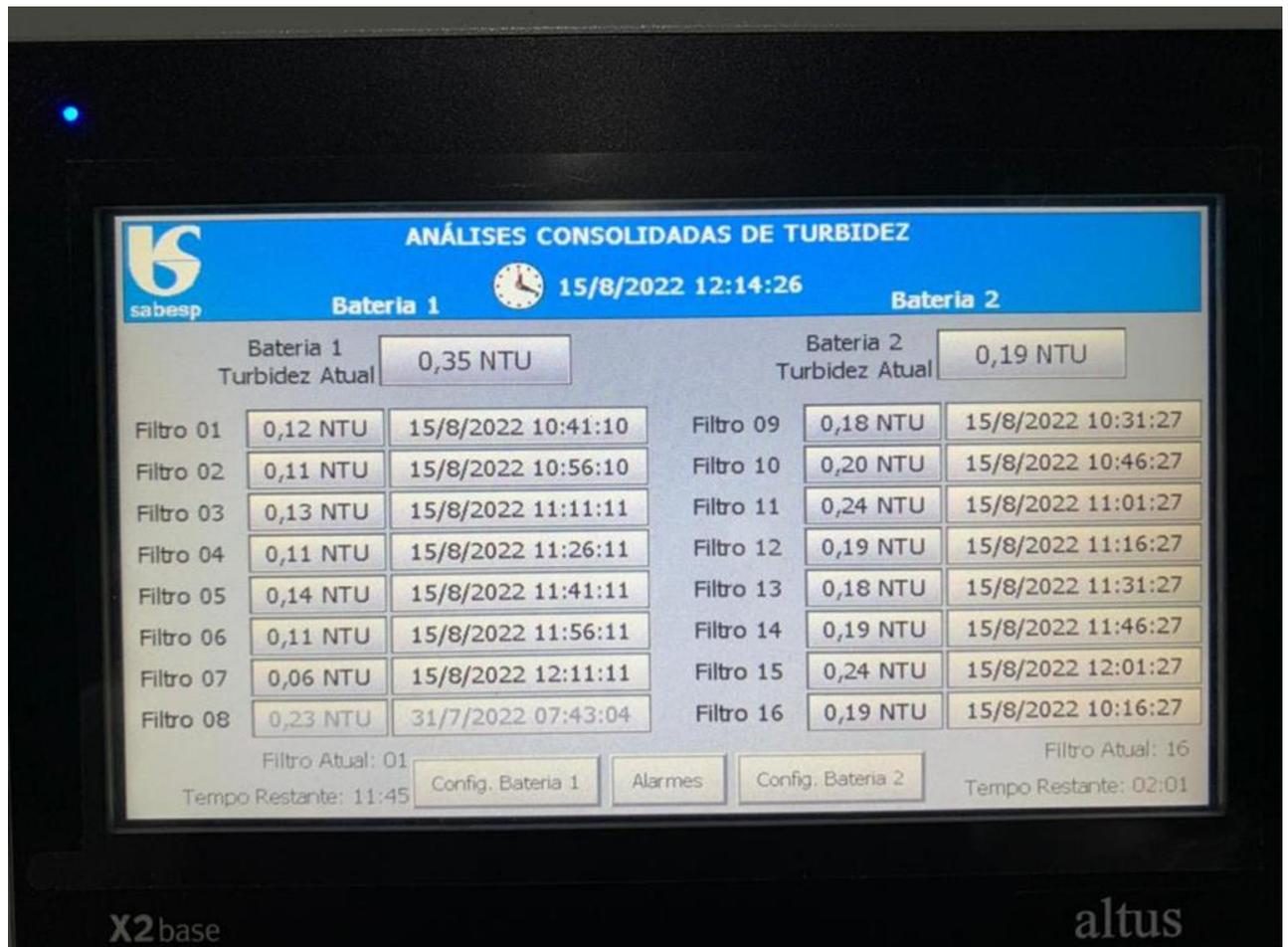


Imagem 13 – Tela de visualização de 16 filtros



Imagem 14 – Visualização graficamente on line

Unilab V8.10 - 30/06 17:30 - 3452018516MATU - JMORAES.ENGLINK - [Resultados]

Arquivo Editar Exibir Cadastros Operação Mudar Janela Ajuda **Novo ambiente de Produção** Almoxarifado

Visão Bancada Entrada ETA Cabuçu Filtros ETA Cabuçu Fluxo 1 Filtros ETA Cabuçu Fluxo 2 Ensaios Laboratoriais Produtos Químicos ETA Cabuçu Abre Gráficos Salvos Histórico Boletim de Controle de Operação

**Lavagem (01/07/22 01:00) BR - ETA Cabuçu - pH**

Id. Ponto	Análise	Resulta...	Laudo	Unidade	Mínimo	Média	Máximo	Desvio	Ordem ...	Amostra	Origem	Planilha?	Origem Amostra
BR - ETA Cabuçu	pH	7,18	7,18		6,8836	7,0384	7,1800	0,0850		6 5362/2022	Integrador		Programada
Floc - ETA Cabuçu	pH	7,06	7,06		6,8036	6,9145	7,0558	0,0661		7 5364/2022	Integrador	Não	Programada
Deca - ETA Cabuçu	pH	7,11	7,11		6,8479	6,9593	7,1086	0,0576		8 5365/2022	Integrador		Programada
FI - ETA Cabuçu	pH	7,01	7,01		6,9007	7,0009	7,1264	0,0620		9 5366/2022	Integrador		Programada
BR - ETA Cabuçu	Turbidez	2,73	2,73	NTU	2,6468	2,7677	2,9302	0,0711		10 5362/2022	Integrador		Programada
Deca - ETA Cabuçu	Turbidez	1,70	1,70	NTU	0,6964	1,4261	1,7708	0,2903		11 5365/2022	Integrador		Programada
Pré Des - ETA Cabuçu	Turbidez	0,20	0,20	NTU	0,1408	0,1966	0,3167	0,0398		12 5363/2022	Integrador		Programada
FI - ETA Cabuçu	Turbidez	0,41	0,41	NTU	0,1810	0,3241	0,7539	0,1126		13 5366/2022	Integrador		Programada
FI - ETA Cabuçu	Cor Aparente	2,50	2,50	uC	1,9000	2,4750	3,2000	0,3698		16 5366/2022	Manual		Programada
FI - ETA Cabuçu	Cloro Residual Liv	1,56	1,56	mg/L	1,5509	1,6028	1,6651	0,0268		18 5366/2022	Integrador		Programada
FI - ETA Cabuçu	Fluoreto	0,70	0,70	mg/L	0,6496	0,6957	0,7742	0,0247		21 5366/2022	Integrador		Programada
Pré Des - ETA Cabuçu	pH	6,86	6,86		6,7286	6,8334	6,9117	0,0511		5363/2022	Integrador		Programada
Pré Des - ETA Cabuçu	Cloro Residual Liv	2,29	2,29	mg/L	1,5374	2,2481	2,5283	0,1831		5363/2022	Integrador		Programada
Reserv ETA	Cor Aparente	2,50	2,50	uC	1,9000	2,4625	3,2000	0,3704		5372/2022	Manual		Programada
Reserv ETA	Cloro Residual Liv	1,58	1,58	mg/L	1,5800	1,6962	2,8000	0,2743		5372/2022	Manual		Programada
Reserv ETA	pH	7,06	7,06		6,9800	7,0279	7,1100	0,0358		5372/2022	Manual		Programada
Reserv ETA	Turbidez	0,38	0,38	NTU	0,2000	0,3058	0,3800	0,0549		5372/2022	Manual		Programada
Reserv ETA	Fluoreto	0,69	0,69	mg/L	0,6700	0,7008	0,7500	0,0164		5372/2022	Manual		Programada

Equipe de Coleta

Gerar Planilha

Somente análises para este Posto

julho de 2022

dom seg ter qua qui sex sáb

Imagem 15 – Visualização supervisorío

```
SQLQuery1.sql - SP...frodruiges (226)
SELECT Cast(_time as Date) As Data, Datepart(hh, _time) As Hora, AVG(_value) as Media, Amostra, Variavel FROM medicoesanaliticos
WHERE LOCAL = 'ETA Cabuçu' and
_time between '11-04-2022 00:00' and '11-05-2022 13:59' and
bateria = 'PV'
group by Cast(_time as Date), Datepart(hh, _time), amostra, variavel
order by Cast(_time as Date), Datepart(hh, _time), amostra
```

Data	Hora	Media	Amostra	Variavel
2022-11-04	0	60,1906666666667	Bruta	Condutividade
2022-11-04	0	6,8841666666667	Bruta	pH
2022-11-04	0	509,357916666667	Bruta	Redox
2022-11-04	0	20,1691666666667	Bruta	Temperatura
2022-11-04	0	4,47595833333334	Bruta	Turbidez
2022-11-04	0	2,26091666666667	Clorada	Cloro
2022-11-04	0	6,98071428571429	Coagulada	pH
2022-11-04	0	20,22	Coagulada	Temperatura
2022-11-04	0	6,965	Decantada	pH
2022-11-04	0	20,2828571428571	Decantada	Temperatura
2022-11-04	0	1,21333333333333	Decantada	Turbidez
2022-11-04	0	6,86642857142857	Filtrada	pH
2022-11-04	0	20,2635714285714	Filtrada	Temperatura
2022-11-04	0	0,431428571428571	Filtrada	Turbidez
2022-11-04	0	1,628	Tratada	Cloro
2022-11-04	0	0,693708333333333	Tratada	Fluor
2022-11-04	0	7,01583333333333	Tratada	pH
2022-11-04	0	20,315	Tratada	Temperatura
2022-11-04	0	0,3475	Tratada	Turbidez
2022-11-04	1	60,3153333333333	Bruta	Condutividade
2022-11-04	1	6,88357142857143	Bruta	pH
2022-11-04	1	512,051083333333	Bruta	Redox
2022-11-04	1	19,9371428571429	Bruta	Temperatura
2022-11-04	1	4,43645833333333	Bruta	Turbidez
2022-11-04	1	2,26391666666667	Clorada	Cloro
2022-11-04	1	6,9675	Coagulada	pH
2022-11-04	1	19,9891666666667	Coagulada	Temperatura
2022-11-04	1	7,01357142857143	Decantada	pH
2022-11-04	1	20,0371428571429	Decantada	Temperatura
2022-11-04	1	1,28	Decantada	Turbidez
2022-11-04	1	6,9125	Filtrada	pH
2022-11-04	1	20,035	Filtrada	Temperatura
2022-11-04	1	0,638333333333333	Filtrada	Turbidez

Consulta executada com êxito. SPO-CO

Imagem 16 – Dados no banco de dados SQL



Imagem 17 – Supervisório



Imagem 18 – Banco de dados

## CONCLUSÃO

Esse *Case* trouxe vários desafios devido à dimensão da ETA Guaraú, se partindo do processo convencional, teríamos a necessidade de aquisição de uma quantidade elevada de turbidímetros devido ao alto investimento na aquisição de equipamentos e estrutura, e dentro da inovação trouxe também o conhecimento do uso de uma nova tecnologia que poderá ser empregada em sequenciamento de outras amostras conforme exigências das análises de potabilidade da água para consumo humano, o projeto se mostrou eficaz, tendo baixíssima demanda de investimento e de manutenção, e como melhoria auxiliou as tomadas de decisões do corpo técnico operacional da ETA, e na parte burocrática atendeu a portaria e uma recomendação da agência regulamentadora,

Quanto aos custos foram investidos na implantação do projeto piloto um montante de R\$ 38.767,52, isso representa uma economia de 87,5% da previsão inicial de R\$ 310.400,00 na aquisição dos equipamentos e estrutura funcional, levando essa economia também para o plano de manutenção preventiva e corretiva.

Quanto à manutenção o projeto no período de 8 meses não apresentou necessidade de corretiva e nem preventiva, e continua os estudos para determinar essa periodicidade, a redução de 48 equipamentos para um parque de 6 instrumentos representa uma melhoria imensa e um ganho quanto a necessidade de HH para o acompanhamento é manutenção do sistema.

Na parte operacional houve o ganho em ter as análises on-line em tempo real, agilidade na tomada de decisões, atendimento legal e a facilidade de replicação para outras ETA's, projeto esse que já foram implementados nas ETA's Cabuçu, Tanque Grande, Taiapuê, Rio Grande, Alto Cotia, Casa Grande, mostrando a mesma eficácia, a integração dos dados trouxe também um ganho imenso quanto ao atendimento a portaria, quando a automação da lavagem dos filtros automaticamente.

Todo esse projeto incorporou o desenvolvimento do corpo técnico, gerou o estímulo a inovações e trouxe um ganho de conhecimento tecnológico e operacional que refletirá em toda a técnica operacional, todo o projeto foi desenvolvido 100% na SABESP, envolvendo várias áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF. 2130 TURBIDITY (2017). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Disponível em: <<https://www.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/SMWW.2882.018>>. Acesso em: 18 de março de 2020.
2. [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)
3. [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html#CAPITULOVSECII](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html#CAPITULOVSECII)
4. [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html#ANEXOXX](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html#ANEXOXX)
5. [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html)