



CMQA – Centro de Monitoramento da Qualidade da Água

Marta Regina Inoue⁽¹⁾

Doutora em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenheira Química da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e Gerente da Divisão do Controle Sanitário Centro - MCEC.

Agostinho de Jesus Gonçalves Geraldes⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Anhembi Morumbi. Gerente de Departamento da Unidade de Negócio Centro - MCE.

Mauri Benedito Amaro da Silva⁽³⁾

Técnico em Saneamento da Etec Vasco Antônio Venchiarutti de Jundiaí. Técnico em Sistema de Saneamento da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Silvia Schneider de Souza⁽⁴⁾

Bacharel em Química pela Fundação Santo André e MBA Saneamento Ambiental pela FESP. Química da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e Supervisora da Divisão do Controle Sanitário Centro - MCEC.

David Albino Cardoso⁽⁵⁾

Bacharel com Atribuições Tecnológicas em Química da Universidade Mogi das Cruzes. Técnico em Sistema de Saneamento da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e Supervisor da Divisão do Controle Sanitário Centro - MCEC.

Endereço⁽¹⁾: SABESP – Divisão de Controle Sanitário Centro – MCEC – Rua Dona Antônia de Queirós, 218 - Consolação – São Paulo – CEP: 01307-011 - País - Tel: +55 (11) 3138-5401 - Fax: +55 (11) 3227-4458 - e-mail: mrinoue@sabesp.com.br.

RESUMO

Na área de saneamento, os avanços tecnológicos de sistema de monitoramento em tempo real da qualidade da água distribuída tanto para parâmetros físico-químicos quanto microbiológicos permitem que uma infinidade de dados seja coletada durante toda a atividade. O controle do processo é feito através de sensores. Esses sensores enviam dados para a nossa plataforma de gerenciamento online, que interpreta toda essa ampla quantidade de informação e proporciona ao usuário em tempo real todas as informações de seu sistema e eficiência, constituindo uma ferramenta importante na gestão dos recursos e financeira.

Esta forma de monitoramento da qualidade da água distribuída permite que os clientes recebam em tempo real os resultados, e baseado nas informações tomam ações imediata com confiabilidade nos dados obtidos através da acreditação ISO/IEC 17025:2017.

Os equipamentos para atender a esta demanda, realizam ensaios de cloro residual livre, pH, cor aparente, turbidez e condutividade e coliformes totais e seus resultados demonstram fornecer água potável confiável, por ter sistemas com os resultados acreditados e também são comparados periodicamente com dados dos equipamentos em laboratório com tratamento estatístico, garantindo a eficiência do processo e otimização de recursos humanos e financeiros.

PALAVRAS-CHAVE: monitoramento on line, qualidade da água, controle de processo

CONTEÚDO DO TRABALHO

Introdução

A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento dos efeitos que seus constituintes podem causar ao ambiente, em especial à saúde do homem e deve atender alguns critérios de controle para fins de consumo humano.

Os padrões de qualidade da água não são os mesmos para todos os tipos de uso. Ou seja, a água destinada ao abastecimento humano (potabilidade) possui padrões diferentes da água utilizada para recreação (balneabilidade), para irrigação ou para a indústria.



O monitoramento da qualidade da água é a ferramenta utilizada na obtenção de dados e geração destas informações tanto para diagnóstico quanto no acompanhamento de medidas mitigadoras e compensatórias previstas nos controles de processo.

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888 de 04/05/2021 e nº 2.472/2021 do Ministério da Saúde, o controle da qualidade da água para consumo humano diz respeito ao “conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição”. A Divisão de Controle Sanitário Centro (MCEC) da Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP) é responsável por avaliar as condições da qualidade da água distribuída na região metropolitana Centro de São Paulo e outros 2 municípios – Santo André e Mauá.

A MCEC monitora a qualidade da água distribuída para atendimento a legislação sendo que em maior quantidade são cloro residual livre (serve como um parâmetro de controle no sistema ao longo da rede; o baixo nível desse composto pode indicar uma eventual contaminação microbiológica nos sistemas de água para consumo humano), cor aparente (Intensidade de cor inferior a quinze unidades de cor-padrão estabelecido pela legislação) pois a cor na água pode ser causada por metais, decomposição de matéria orgânica, algas ou ainda pela presença de esgotos. O padrão é a intensidade de cor inferior a quinze unidades de cor), pH [o valor para consumo humano é 7, isso porque o pH da água depende de sua origem e pode ser influenciado pela presença de resíduos; pH baixo (< 7) torna a água corrosiva, já o pH alto (> 7) torna a água alcalina] e turbidez - inferior a cinco unidades, visto que mede a presença de matéria suspensa na água - (parâmetros físico-químicos) e coliformes totais - indica a presença de microrganismos patogênicos na água. Quando encontrados, indicam contato com esgoto doméstico - (parâmetros biológicos) na rede de distribuição de água.

A não implantação de automação e monitoramento da qualidade da água torna o processo ineficiente, porque esta tecnologia proporciona processar grandes volumes de dados em uma fração do tempo que um ser humano levaria para desempenhar a mesma função, conseqüentemente ações são tomadas baseadas nos dados obtidos em tempo real e com resultados robustos, melhorando a performance do sistema.

O sistema convencional de monitoramento da qualidade da água tem um grande impacto financeiro, uma vez que necessita de pessoas para coletar, transportar amostra de água, técnico de laboratório para realização de análise e equipamentos e reagentes para realizados de ensaios.

Com a evolução tecnológica cada vez maior no nosso campo de trabalho, torna-se necessário incorporar soluções eficientes de forma a melhorar nosso sistema de monitoramento de água distribuída, onde se não houver este movimento pode ocasionar processos obsoletos, deficiências nos serviços prestados e principalmente falta de dados para evolução do monitoramento da atividade. O uso da automação possibilita impulsionar os pontos fortes do processo, reforçar áreas com deficiências e capacitar a força de trabalho para que se concentrem nas tarefas mais importantes.

De forma a obter um controle mais intenso no processo de monitoramento da qualidade da água distribuída faz-se necessário o uso de otimização e uso de tecnologia para atendimento a legislação vigente e também o controle de processo para tomadas de decisões baseado nos dados recebidos em tempo real.

O presente trabalho tem como base monitorar a qualidade da água e a confiabilidade dos resultados por tecnologia com monitoramento em tempo real, visualizando os resultado em um sistema de telemetria da qualidade da água, em três reservatórios de água tratada de três sistemas de abastecimento que integra o SIM (Sistema Integrado Metropolitano) da Sabesp, no caso são os sistemas de abastecimento Cantareira, Alto Tietê e Rio Claro, realizando comparações com os dados de laboratório e com análise crítica dos dados obtidos.

Objetivo

O Objetivo deste trabalho é monitorar em tempo real a qualidade da água distribuída à população de três reservatórios de água tratada de três sistemas de abastecimento que integra o SIM (Sistema Integrado Metropolitano), o sistema Cantareira, Alto Tietê e Rio Claro com equipamentos de medição físico-químico em tempo real físico-químico e por batelada microbiológico, tendo como benefícios a confiabilidade do processo, bem como avaliação o processo, fazendo a gestão de dados da qualidade da água a ser distribuída à população.

Metodologia Utilizada

Para implantação deste projeto foi realizado nas seguintes etapas:

Parâmetros a serem monitorados em tempo real – Em reuniões com diversas áreas e níveis foram escolhidos os parâmetros baseados nos critérios para atendimento a legislação vigente, como cloro residual livre (CRL), cor aparente, turbidez e colimetria.



Equipamentos a serem utilizados – procurou-se no mercado e em feiras tecnológicas equipamentos que realizam ensaios para atendimento a Legislação vigente (Portaria GM/MS n. 888, de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde) e que realizasse ensaios sem geração de resíduo, sem uso de reagentes, possibilidade de realização de controle estatístico de processo no equipamento, menor tempo de ensaios e com envio de dados por telemetria de forma a ter o acesso por notebook, celular e que a visualização em tempo real por sistema de videowall.

O equipamento escolhido para medição “on line” dos parâmetros para controle da qualidade da água (cloro residual livre, pH, cor, condutividade, turbidez e temperatura) num único sistema, sem uso de reagentes e sem geração de resíduo, com transmissão de dados por telemetria.

A Figura 1 apresenta o equipamento escolhido para ensaios físico-químico (cloro residual livre, pH, cor aparente, turbidez, condutividade e temperatura).

Figura 1 - Equipamento Horiba



Fonte: SABESP, 2023.

A Figura 2 apresenta o visor dos dados do equipamento para medição on line dos parâmetros físico-químico. No visor o resultado de cloro residual livre é expresso com FRC (Free Residual Chlorine), resultado de cor aparente é expresso por COL (color), turbidez é expresso como (NTU) e pH.



Figura 2 – Resultado físico-químico (pH, cor aparente, turbidez, cloro residual livre e condutividade) on line visualizado no equipamento



Fonte: SABESP, 2023.

E outro equipamento para ensaios microbiológicos por batelada, o qual é um equipamento eletrônico capaz de detectar a presença de coliformes totais e *e.coli* através da amostragem automática (em intervalos programados) da água tratada, onde há adição do substrato enzimático e a incubação da amostra, garantindo a integridade microbiológica do entorno de sua instalação. A tecnologia determina como P/A (presença/ausência) de coliformes totais ou *e.coli*. Podendo ter resultados a partir de 1 hora, com confirmação de presença/ausência a partir de 14 horas, podendo operar automaticamente sem intervenções por até 21 dias.

Os equipamentos escolhidos também atenderam ao quesito de terem os ensaios acreditados pelo Cgcre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) comparando com métodos consagrados, reconhecidos e padronizados do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA) de forma a garantir a credibilidade dos resultados.

A Figura 3 apresenta o equipamento da Carvalhaes para ensaios microbiológicos.



Figura 3 - Equipamento Colifast



Fonte: SABESP, 2023.

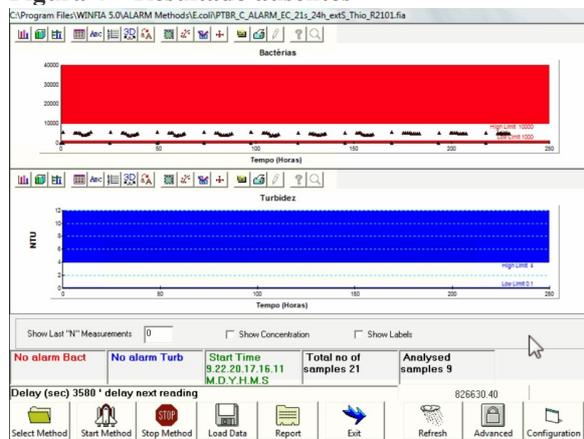
As Figura 4 e 5 apresentam a visualização de resultado de microbiológica para ensaio de coliformes totais ou *e. coli* informando os resultados, já a tendência de ausência/presença, onde cada intervalo de é demonstrado por um ensaio por batelada.

Caso haja presença de coliformes totais/*e-coli* o resultado fica no intervalo em vermelho.

Pontos na faixa vermelha presença de bactérias, para ser coliformes totais ou *e.coli* deve consta no quadrado no alarm bac.

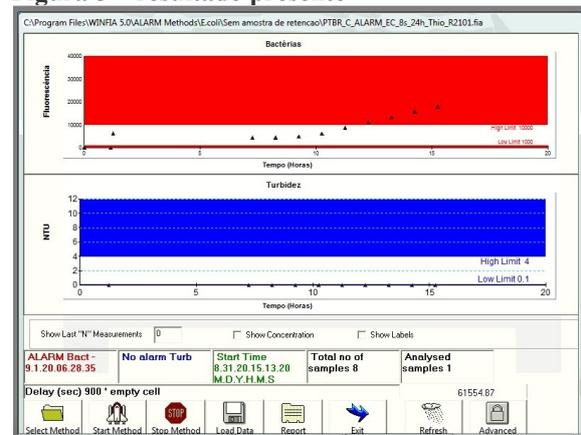
Pontos na faixa branca, ausência de coliformes totais e *e.coli*.

Figura 4 – Resultado ausentes



Fonte: Colifast, 2023 – SABESP.

Figura 5 – resultado presente



Fonte: Colifast, 2023 – SABESP.

Escolha dos locais para a implantação de monitoramento da qualidade da água – Para ter uma maior consolidação dos dados obtidos e abrangência da área a ser monitorada, decidiu-se pelos três sistemas de abastecimento que integra o SIM (Sistema Integrado Metropolitano) da Sabesp, sendo os sistemas de abastecimento Cantareira, Alto Tietê e Rio Claro, pois são os principais sistemas que abastece os locais onde a Divisão de Controle Sanitário Centro (MCEC) é responsável pelo monitoramento da qualidade da água distribuída.

Os equipamentos foram instalados no Reservatório Consolação (Sistema Cantareira), Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê) e Reservatório Jardim da Conquista (Sistema Rio Claro).

A Figura 6 apresenta os equipamentos instalados no Reservatório Consolação (Sistema Cantareira).

Figura 6 - Reservatório Consolação



Fonte: SABESP, 2023.

A Figura 7 apresenta os equipamentos instalados no Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê).

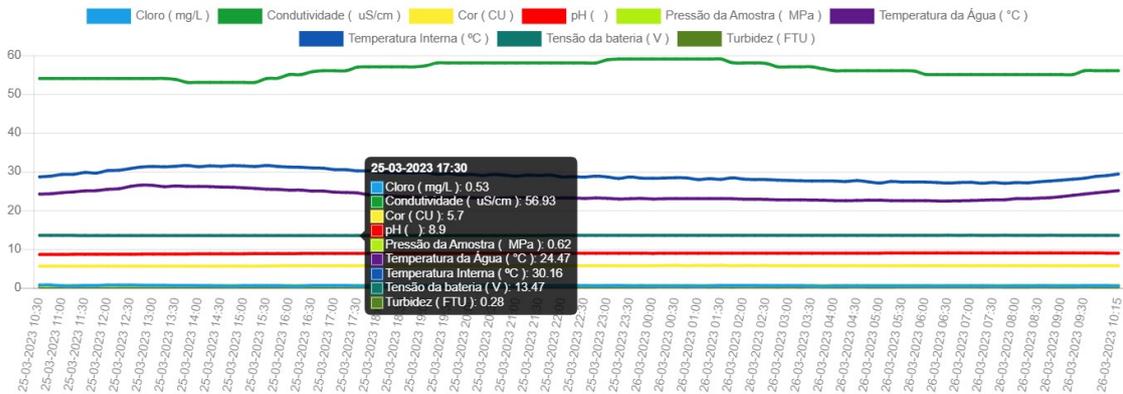
Figura 7 - Reservatório Vila Formosa



Fonte: SABESP, 2023.

A Figura 8 apresenta os equipamentos instalados no Reservatório Jardim da Conquista (Sistema Rio Claro).

Figura 10 - Gráfico da variação dos resultados físico-químico no Reservatório Jardim da Conquista
HOR-04 - Sabesp - Jardim da Conquista



Fonte: TW - Horiba, 2023 – SABESP.

A Figura 11 apresenta uma tabela dos valores mínimos e máximos encontrado no intervalo escolhido, no caso período de 24 horas no reservatório Jardim da Conquista.

Figura 11 - Tabela dos valores máximos e mínimos encontrado no intervalo escolhido dos resultados físico-químico no Reservatório Jardim da Conquista

Sensor	Mínimo	Máximo	Média
Cloro	0,44 mg/L	0,75 mg/L	0,57 mg/L
Condutividade	53,00 uS/cm	59,00 uS/cm	56,16 uS/cm
Cor	5,60 CU	5,80 CU	5,68 CU
pH	8,60	9,01	8,90
Pressão da Amostra	0,62 MPa	0,62 MPa	0,62 MPa
Temperatura da Água	22,40 °C	26,50 °C	23,79 °C
Temperatura Interna	26,96 °C	31,55 °C	28,97 °C
Tensão da bateria	13,47 V	13,57 V	13,52 V
Turbidez	0,27 FTU	0,29 FTU	0,28 FTU

Fonte: TW - Horiba, 2023 – SABESP.

A Figura 12 apresenta os resultados físico-químicos (Cloro residual livre, pH, cor aparente, turbidez, condutividade e temperatura) em forma de gráfico num período de 24 horas no reservatório Consolação.

Figura 12 - Gráfico da variação dos resultados físico-químico no reservatório Consolação



Fonte: TW - Horiba, 2023 – SABESP.

A Figura 13 apresenta uma tabela dos valores mínimos e máximos encontrado no intervalo escolhido, no caso num período de 24 horas no reservatório Consolação.

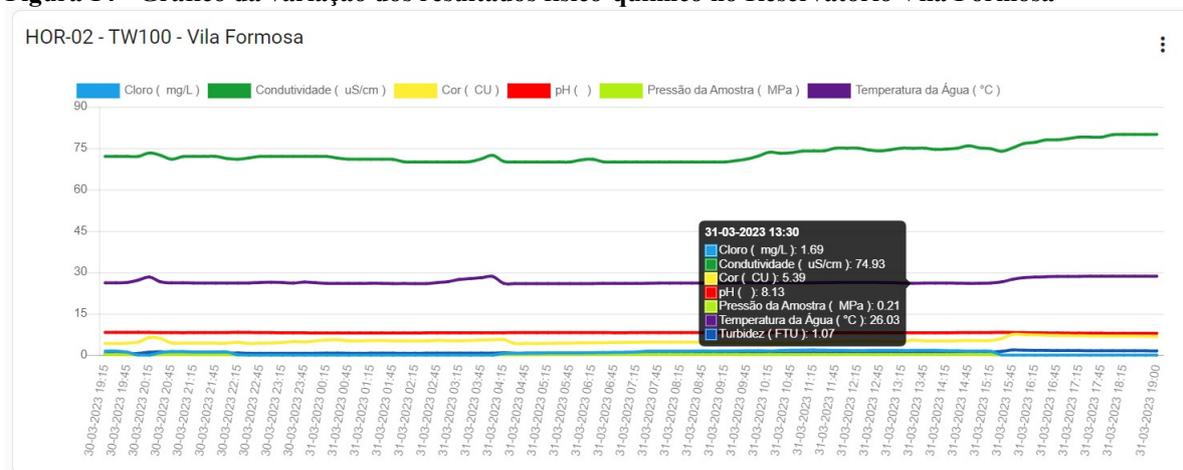
Figura 13 - Tabela dos valores máximos e mínimos encontrado no intervalo escolhido dos resultados físico-químico no Reservatório Consolação

Sensor	Mínimo	Máximo	Média
Cloro	1,04 mg/L	1,32 mg/L	1,14 mg/L
Condutividade	71,33 uS/cm	78,00 uS/cm	74,38 uS/cm
Cor	3,81 CU	4,30 CU	3,94 CU
pH	7,99	8,51	8,23
Pressão da Amostra	0,11 hPa	0,37 hPa	0,31 hPa
Temperatura da Água	26,30 °C	26,74 °C	26,57 °C
Temperatura Interna	31,17 °C	33,12 °C	32,11 °C
Tensão da bateria	13,44 V	13,50 V	13,45 V
Turbidez	0,21 FTU	0,34 FTU	0,27 FTU

Fonte: TW - Horiba, 2023 – SABESP.

A Figura 14 apresenta os resultados físico-químicos (Cloro residual livre, pH, cor aparente, turbidez, condutividade e temperatura) em forma de gráfico num período de 24 horas no reservatório Vila Formosa.

Figura 14 - Gráfico da variação dos resultados físico-químico no Reservatório Vila Formosa



Fonte: TW - Horiba, 2023 – SABESP.

A Figura 15 apresenta uma tabela dos valores mínimos e máximos encontrados no intervalo escolhido, no caso num período de 24 horas no reservatório Vila Formosa.

Quando o grupo que bombeia a água para a distribuição está desligado resulta num valor de pressão (zero), e consequentemente o valor de cloro residual livre é zero, demonstrando como os resultados também podem ser utilizados para uma avaliação de tempo de sistema ligado, conforme visualizado na Figura 15, valor de cloro residual livre 0,0 mg/L e pressão da amostra 0,00 mPa.

Figura 15 Tabela dos valores máximos e mínimos encontrado no intervalo escolhido dos resultados físico-químico no Reservatório Vila Formosa

Sensor	Mínimo	Máximo	Média
Cloro	0,00 mg/L	1,84 mg/L	0,77 mg/L
Condutividade	70,00 uS/cm	80,00 uS/cm	72,86 uS/cm
Cor	4,20 CU	7,53 CU	5,14 CU
pH	7,87	8,26	8,10
Pressão da Amostra	0,00 MPa	0,21 MPa	0,11 MPa
Temperatura da Água	25,90 °C	28,60 °C	26,57 °C
Turbidez	0,53 FTU	1,84 FTU	0,89 FTU

Fonte: TW - Horiba, 2023 – SABESP.

A Figura 16 apresenta o CMQA para ensaios microbiológicos.



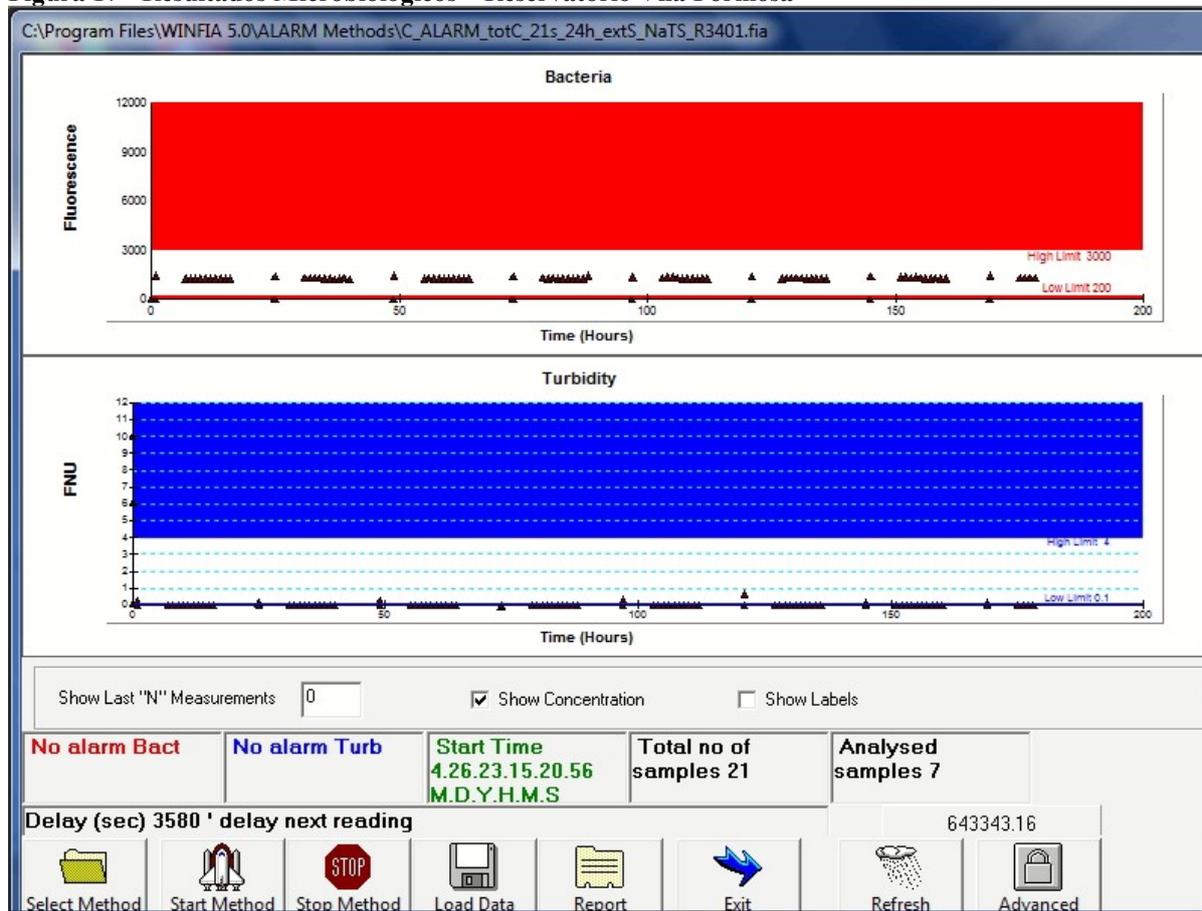
Figura 16 - CMQA – Ensaios Microbiológico



Fonte: Colifast, 2023 – SABESP.

A Figura 17 apresenta os resultados microbiológico (coliformes totais) em forma de gráfico no reservatório Vila Formosa, foram analisadas 7 amostras de um total de 21 amostras em batelada, todos deram resultados ausente para coliformes totais e consequentemente *e.coli*.

Figura 17 - Resultados Microbiológicos – Reservatório Vila Formosa

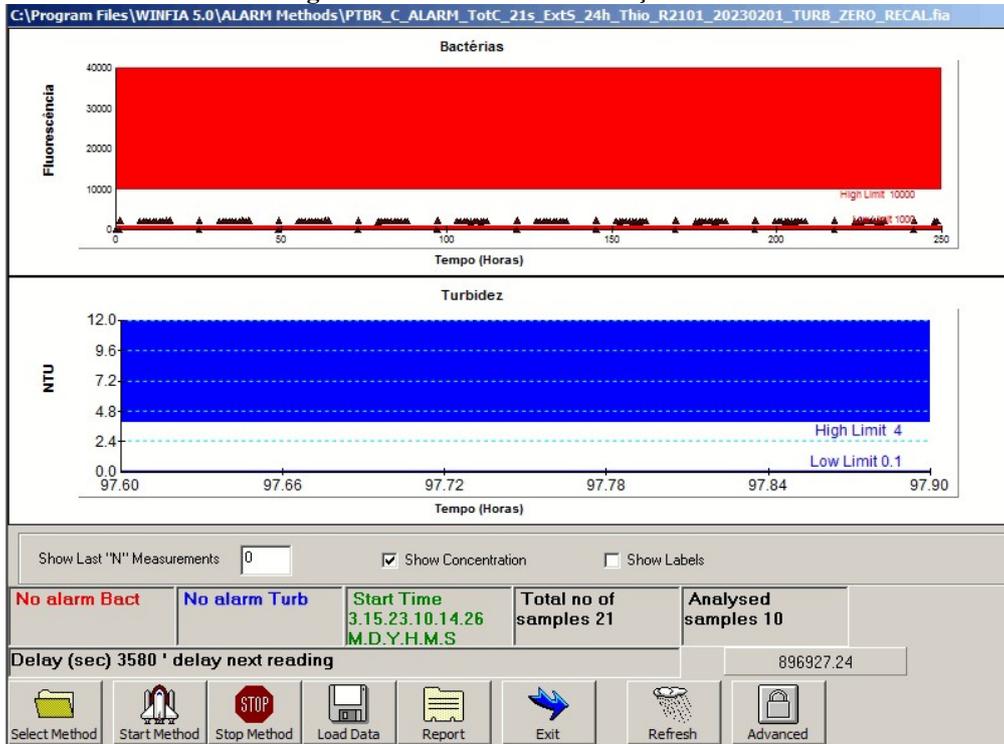


Fonte: Colifast, 2023 – SABESP.

A Figura 18 apresenta os resultados microbiológico (coliformes totais) em forma de gráfico no reservatório Consolação, foram analisadas 10 amostras de um total de 21 amostras em batelada, todos deram resultados ausente para coliformes totais e consequentemente *e.coli*.



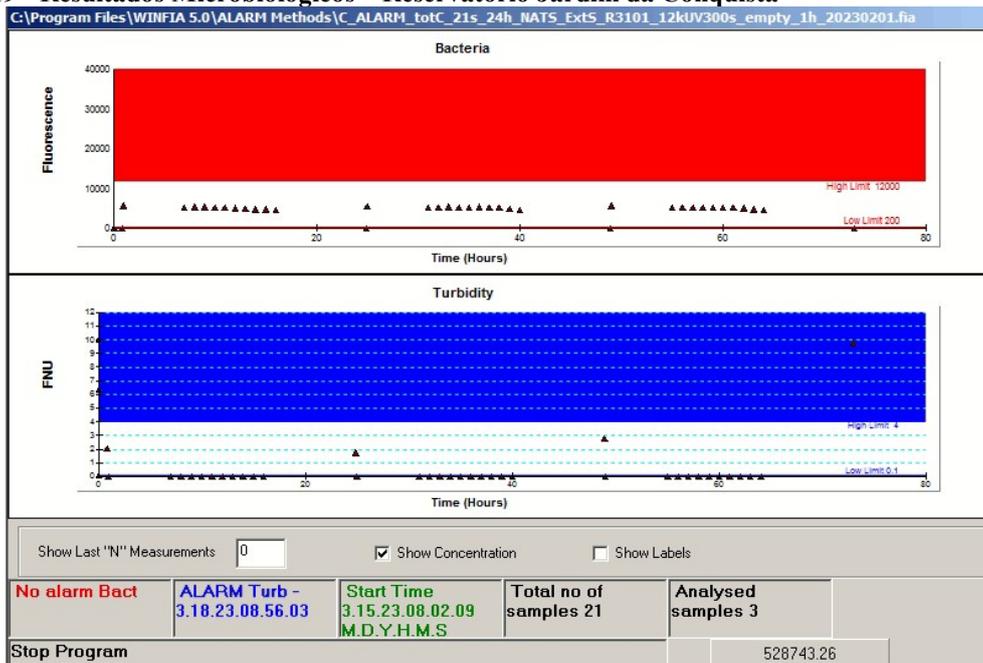
Figura 18 - Resultados Microbiológicos – Reservatório Consolação



Fonte: Colifast, 2023 – SABESP.

A Figura 19 apresenta os resultados microbiológico (coliformes totais) em forma de gráfico no reservatório Jardim da Conquista, foram analisadas 3 amostras de um total de 21 amostras em batelada, todos deram resultados ausente para coliformes totais e consequentemente *e.coli*.

Figura 19 - Resultados Microbiológicos – Reservatório Jardim da Conquista



Fonte: Colifast, 2023 – SABESP.

Com a implantação dos equipamentos, a próxima etapa foi determinar os indicadores de processo para avaliar os resultados obtidos com confiabilidade, coerência e a efetividade da transmissão dos dados para o CMQA (Centro de Monitoramento da Qualidade da Água Distribuída) da MCEC.

Resultados Obtidos

Os equipamentos para os parâmetros físico-químico “online” foram da marca Horiba para os ensaios clooro residual livre, cor aparente, pH, turbidez, temperatura, porém o equipamento também lê condutividade e o e microbiologia, o Colifast ALARM, da marca Colifast®.

Os equipamentos foram instalados no Reservatório Consolação (Sistema Cantareira), Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê) e Reservatório Jardim da Conquista (Sistema Rio Claro).

Após os equipamentos instalados e os dados registrados no CMQA e os mesmos foram avaliados pelos indicadores escolhidos:

1. Quantidade de resultados obtidos

Este indicador propõe quantificar os resultados obtidos pelo método tradicional com o método em tempo real e batelada.

Calculado pela quantidade de resultados obtido pelo método “online” sobre a quantidade estabelecida pela legislação vigente e comparada com a quantidade de resultados obtido por programação de coletores e capacidade do laboratório sobre a quantidade estabelecido pela legislação vigente

2. Desempenhos dos dados enviados ao CMQA

Este indicador demonstra se os dados programados foram enviados e se os mesmos são válidos.

É calculado baseado na quantidade de dados enviado com a programação dos equipamentos.

3. Relação dos resultados enviados ao CMQA e pelo método laboratorial

Demonstra coerência com os resultados obtidos pelo sistema “online” e batelada com o método tradicional. A forma de verificação é pelo DPR (Desvio-padrão relativo percentual) que representa o desvio padrão relativo em termo de percentagem. Estima a precisão de uma medida.

4. ICAD – Índice de Conformidade da Água Distribuída (%) dos dados do CMQA

Tem como objetivo verificar o atendimento às exigências contida nas legislações atual (Portaria GM/MS nº 888 de 04/05/2021 e nº 2.472/2021 do Ministério da Saúde), concernentes a padrões de potabilidade para água distribuída. Sendo que a formula é resultado conformes dividido por amostras realizadas vezes cem, para cada parâmetro.

5. Ensaio de Proficiência

Trata-se de uma ferramenta para avaliar o desempenho do laboratório através de comparações interlaboratoriais, demonstrando desta forma a confiabilidade dos resultados analíticos.

A fórmula aplicada para este trabalho foi: performance é igual a número de resultado de z score < 3 declarado no relatório de ensaio de proficiência sob número total de parâmetros submetidos ao ensaio de proficiência.

Análise e Discussão dos Resultados

Baseados nos indicadores propostos foi possível avaliar o sucesso da implantação no CMQA (Centro de Monitoramento da Qualidade da Água Distribuída) nos três reservatórios de água tratada dos três Sistemas de Abastecimento que integra o SIM (Sistema Integrado Metropolitano) da Sabesp, através do uso de tecnologia que demonstrou ter confiabilidade e efetividade dos resultados apresentados com supervisão de forma integrada mediante dos dados obtidos medidos pelos indicadores.

1. Quantidade de resultados obtidos

Este indicador demonstrou um aumento de 904 ensaios mensais para 34.060 ensaios mensais pela metodologia de ensaios em tempo real para parâmetros físico-químicos. No caso dos ensaios microbiológicos este indicador não se aplica, pois, a metodologia é limitada a 30 ensaios mensais para cada equipamento. A vantagem do monitoramento microbiológico é que todo dia há um resultado de colimetria, que para o sistema convencional às vezes é inviável o envio de profissionais para coleta diariamente no local estipulado.

2. Desempenhos dos dados enviados ao CMQA

No período avaliado demonstrou 90 % de desempenho dos dados enviados ao CMQA, mesmo com queda de energia o sistema tem um backup que o mesmo atualiza após o retorno da energia, portanto nenhum dado foi perdido. Os 10 % refere-se ao problema no equipamento que ocasionou a não realização do ensaio.

3. Relação dos resultados enviados ao CMQA e pelo método laboratorial

Todos os resultados analisados obtiveram-se DPR < 20, valor estimado pelo laboratório para critério de aceitação.



Os dados relacionados na Tabela 1 para os ensaios de cloro residual livre, pH, cor aparente, turbidez, condutividade, foram obtidos num intervalo de tempo analisando no local os ensaios pelo método tradicional e no “online”, obtendo resultados e comparando-os foram menores que 20, demonstrando conformidade do processo.

Tabela 1 - DPR entre os dados obtidos pelo método “online” e tradicional

SIM (Sistema Integrado Metropolitano)	CRL		DPR	Cor Aparente		DPR	Condutividade		DPR	pH		DPR	Turbidez		DPR
	TRAD	ON LINE		TRAD	ON LINE		TRAD	ON LINE		TRAD	ON LINE		TRAD	ON LINE	
Reservatório Consolação (Sistema Cantareira)	0,5	0,6	18,18	7	6	15,38	76,1	79	3,74	7,66	8,68	12,48	0,4	0,45	11,76
	0,9	0,8	11,76	6	7	15,38	72	72	0,00	7,68	7,08	8,13	0,2	0,2	0,00
	0,7	0,73	4,20	3	3	0,00	78,1	80	2,40	7,7	7,88	2,31	1,05	1	4,88
	0,8	0,82	2,47	6	6	0,00	80	80	0,00	7,76	7,81	0,64	0,21	0,21	0,00
	0,6	0,63	4,88	7	7	0,00	81	81	0,00	7,88	7,83	0,64	0,3	0,3	0,00
	0,5	0,55	9,52	7,1	7	1,42	81	80	1,24	7,86	7,94	1,01	0,2	0,2	0,00
Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê)	0,8	0,81	1,24	8,3	8	3,68	78	80	2,53	7,8	7,9	1,27	0,46	0,4	13,95
	1,2	1,2	0,00	1,45	1,5	3,39	82	83	1,21	7,79	7,8	0,13	0,41	0,4	2,47
	0,77	0,8	3,82	2,25	2	11,76	81	84	3,64	7,98	7,9	1,01	0,2	0,2	0,00
	1,14	1,2	5,13	3	3	0,00	80	78	2,53	7,88	7,8	1,02	0,21	0,2	4,88
	1,21	1,2	0,83	3,5	3,4	2,90	76	74	2,67	7,85	7,8	0,64	0,22	0,2	9,52
	1,2	1,3	8,00	2,2	2	9,52	77	72	6,71	7,98	7,9	1,01	0,35	0,3	15,38
Reservatório Jardim da Conquista (Sistema Rio Claro)	1,3	1,4	7,41	1,8	1,8	0,00	88	83	5,85	7,81	7,8	0,13	0,38	0,4	5,13
	1,5	1,6	6,45	2	2	0,00	80	84	4,88	7,71	7,7	0,13	0,36	0,4	10,53
	1	0,9	10,53	5	5	0,00	50	50	0,00	7,9	7,85	0,63	0,3	0,3	0,00
	0,9	1	10,53	0,9	1	10,53	50	50	0,00	7,6	7,85	3,24	1	1	0,00
	0,7	0,8	13,33	7	6	15,38	56,3	56	0,53	7,9	7,9	0,00	1	1	0,00
	0,7	0,7	0,00	8	8	0,00	76	79	3,87	8,9	8,9	0,00	0,2	0,2	0,00
Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê)	0,9	1	10,53	9	9	0,00	60	59	1,68	7,3	7,3	0,00	1	1	0,00
	0,8	0,8	0,00	5	5	0,00	101	90	11,52	8,4	9	6,90	0,5	0,5	0,00
	1	1	0,00	5	5	0,00	50	50	0,00	7,9	7,6	3,87	0,3	0,3	0,00
	1	1	0,00	5	5	0,00	50	50	0,00	7,9	7,6	3,87	0,3	0,3	0,00

A Tabela 2 apresenta resultados microbiológicos (mês de março de 2023) para os Reservatório Jardim da Conquista (Sistema Rio Claro) e Reservatório Consolação (Sistema Cantareira) e mês de abril para o Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê).

Tabela 2 - Resultados de ensaios microbiológicos dos Sistemas Rio Claro e Sistema Cantareira

SIM (Sistema Integrado Metropolitano)		Coliformes Totais		e. coli	
Data		TRADICIONAL	BATELADA	TRADICIONAL	BATELADA
Reservatório Consolação (Sistema Cantareira)	01/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	06/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	13/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	20/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Reservatório Jardim da Conquista (Sistema Rio Claro)	01/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	09/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	13/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	21/mar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Reservatório Vila Formosa (Sistema Alto Tietê)	05/abr	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	10/abr	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	04/mai	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	07/mai	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

4. ICAD – Índice de Conformidade da Água Distribuída (%) dos dados do CMQA

Obteve-se o resultado de 100 % no ICAD nos CMQA dos três reservatórios de água tratada dos três Sistema de Abastecimento que integra o SIM (Sistema Integrado Metropolitano) da Sabesp.

5. Ensaio de Proficiência

Obteve-se a performance de 100 em todos os programas de ensaio de proficiência realizado nos equipamentos que compõe o CMQA dos três reservatórios de água tratada dos três Sistema de Abastecimento que integra o SIM (Sistema Integrado Metropolitano) da Sabesp.



Além dos indicadores listados acima, vale salientar que para os equipamentos físico-químico que integra o CMQA tem a vantagem de eliminação de custo de reagentes e não geração de resíduo de ensaios físico-químico e as amostras podem ser retornadas ao sistema de distribuição de forma que não há desperdício. No quesito dos ensaios microbiológicos tem a vantagem de não há o manuseio humano que pode ocasionar uma possível contaminação do ensaio.

Além disso, há também a eliminação de uso de frascos de coleta descartáveis que elimina o descarte ao meio ambiente e também a diminuição poluente de veículos para coleta e transporte da amostra, pois além de monitorar os resultados é utilizado para atendimento a legislação vigente, no caso a Portaria GM/MS n. 888, de 04 de Maio de 2021 do Ministério da Saúde.

Com a implantação do CMQA é visível o aumento da produtividade de resultados obtidos, além da eficiência e confiabilidade do processo, com diminuição de custo no processo de coleta, transporte e ensaios das amostras necessárias.

A aplicação da implantação do CMQA demonstrou um maior engajamento de todos os profissionais que estão envolvidos e também um destaque na mudança tecnológica e cultural de uma nova forma de trabalho.

Conclusões/Recomendações

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Confiabilidade dos resultados em tempo real dos dados da qualidade da água distribuída do SIM (Sistema Integrado Metropolitano) tanto para parâmetros físico-químicos como microbiológicos;
- Otimização da força de trabalho, acrescentando uma cultura com enfoque preventivo e não corretivo para eventuais ocorrências de alteração de qualidade da água;
- Minimização de custos operacionais (serviços extraordinários e hora/homem, laboratório), pois o uso de tecnologia permite maior captação de dados com menor uso de mão de obra para serviços de coleta, transporte, armazenamento e análise de amostras;
- Eliminação de custo de reagentes para os ensaios físico-químicos, onde os ensaios são realizados em maior número e sem o uso de reagentes como é no método tradicional de laboratório;
- Não geração de resíduo de ensaios físico-químico, a metodologia implantada no equipamento utiliza sinais e também a água analisada passa pelo equipamento e depois pode retornar ao sistema, além disso, como não utiliza reagente não há geração de resíduo.
- Transparência dos ensaios para o cliente, na medida que o cliente tem acesso aos dados de qualidade d'água através de software dos equipamentos de medição em tempo real.
- Maior abrangência no monitoramento do SIM (Sistema Integrado Metropolitano) para a qualidade da água distribuída, com aumento significativo do resultado referente a qualidade da água obtendo dados histórico de forma a obter resultados para melhorias no sistema de abastecimento da qualidade da água distribuída;
- Confiabilidade nos resultados, obtidos através da acreditação ISO/IEC 17025:2017 e concomitante comparando dados dos equipamentos com ensaios laboratoriais e realizando tratamento estatístico.

A forma de obter os dados e enviar ao CMQA monitorando a qualidade da água distribuída nos três reservatórios de qualidade de água tratada dos três sistemas de abastecimento integrada ao SIM, permite a uma gestão de dados otimizando recursos para este serviço e mantendo a uniformidade e aumentando a quantidade de dados de qualidade de água para a entrega ao cliente, refletindo de forma positiva a imagem da Sabesp no quesito de monitorar e informar o que realmente a mesma entrega à população, assegurando a confiabilidade e credibilidade dos resultados por um sistema acreditado e com qualidade.

Referências Bibliográficas

1. SPOLAOR, A.S. *Automação nos Sistemas de Abastecimento de Água - Caso do Controle da Reservação de Distribuição*, 2011. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011.
2. HENRIQUES, J.A., *Proposição de Modelos de Predição de Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água Utilizando Redes Neurais Artificiais*, 2019. Dissertação de doutorado-Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.
3. TOMMASI, L.R., *A degradação do Meio Ambiente*, 1979.
4. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; American Water Works Association - Awwa; Water Environment Federation - WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater. 23 rd.* Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 2017.



5. EURACHEM, CITAC, *Quantifying uncertainty in analytical measurement*, Guide CG4, 3rd ed., Eurachem, 2012.
6. EVALUATION OF MEASUREMENT DATA — *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, 2008.
7. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO, *DOQ-CGCRE-008 - Orientação sobre a validação de métodos de ensaios químicos*, Revisão 09, junho de 2020.
8. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO, *Avaliação de dados de medição: guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008*.
9. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO, *NIT-DICLA-021 – Expressão da incerteza de medição por laboratórios de calibração*. Revisão 10, julho de 2020.
10. RIBEIRO, K.C. *Automação nos Sistemas de Abastecimento de Água - Caso do Controle da Reservação de Distribuição*, 2011. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011.
11. INOUE, M.R., GERALDES, A.J.G, SILVA, M.B.A., SOUZA, S.S., CARDOSO, D.A.. *Inteligência Artificial na Estação de Tratamento de Água (ETA)*, Trabalho apresentado no Encontro Técnico AESABESP – 32º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2021.
12. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano*, Brasília, 2016.