

TÉCNICAS DE TELECOMUNICAÇÕES APLICADAS À TELEMETRIA PARA GANHOS OPERACIONAIS / TELECOMMUNICATIONS TECHNIQUES APPLIED TO TELEMETRY FOR OPERATIONAL GAINS

Cláudio César de Lima¹

Luis Gustavo Schroder e Braga²

RESUMO

A crescente demanda por eficiência e modernização nos processos operacionais impulsiona a adoção de técnicas avançadas de telecomunicações aplicadas à telemetria, especialmente em setores de serviços essenciais como o de saneamento básico. No contexto da Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora (CESAMA), a busca por ganhos operacionais e aprimoramento dos serviços motiva a exploração de novas tecnologias para otimizar o monitoramento e controle dos sistemas. Este estudo investiga o impacto da substituição dos modems com chip de dados M2M (*machine to machine*) pela comunicação por fibra óptica nos sistemas de telemetria da CESAMA. A pesquisa analisa se há viabilidade técnica e econômica nessa transição, e explora a integração de novas funcionalidades, como câmeras e sistemas de alarme, e examina os benefícios ambientais, como a redução de perdas no sistema de abastecimento de água. Conduzida como um estudo de caso, a pesquisa envolve a coleta e análise de dados qualitativos e quantitativos, oferecendo *insights* relevantes para a melhoria dos processos operacionais da CESAMA.

Palavras-chave: Telemetria. Fibra Óptica. Performance.

ABSTRACT

The growing demand for efficiency and modernization in operational processes drives the adoption of advanced telecommunications techniques applied to telemetry, especially in essential service sectors such as basic sanitation. In the context of the Juiz de Fora Municipal Sanitation Company (CESAMA), the search for operational gains and improvement of services motivates the exploration of new technologies to optimize the monitoring and control of systems. This study investigates the impact of replacing modems with M2M (machine to machine) data chips with fiber optic communication on CESAMA's telemetry systems. The research analyzes whether there is technical and economic feasibility in this transition, and explores the integration of new functionalities, such as cameras and alarm systems, and examines the environmental benefits, such as the reduction of losses in the water supply system. Conducted as a case study, the research involves the collection and analysis of qualitative and quantitative data, offering relevant insights for improving CESAMA's operational processes.

Keywords: Telemetry. Fiber Optics. Performance.

1- Introdução

Segundo Smith (2021, p. 78), “A crescente demanda por eficiência e modernização nos processos operacionais tem impulsionado a adoção de técnicas avançadas de telecomunicações aplicadas à telemetria, especialmente em setores essenciais como o de saneamento”.

No contexto específico da Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora - CESAMA, a busca por ganhos operacionais e aprimoramento dos serviços prestados motivam a exploração de novas tecnologias para otimizar o monitoramento e controle dos sistemas.

O problema de pesquisa que se destaca neste cenário é a necessidade de encontrar soluções que garantam não apenas a eficácia, mas também a eficiência na gestão dos recursos hídricos e no funcionamento das redes de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto. A CESAMA, assim como muitas empresas do setor de saneamento, enfrenta desafios relacionados à manutenção de infraestruturas antigas, necessidade de otimização de processos de monitoramento e de detecção precoce de falhas operacionais.

Diante desse contexto, o objetivo geral deste estudo é investigar os impactos da aplicação de técnicas de telecomunicações avançadas, com foco na substituição dos modems com chip de dados M2M pela comunicação por fibra óptica, e os ganhos operacionais obtidos pela CESAMA.

Para atingir esse objetivo, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

1. Avaliar se há viabilidade técnica e econômica da transição de telefonia com chip de dados para a comunicação por fibra óptica nos sistemas de telemetria da CESAMA;
2. Investigar as possibilidades de integração com novas funcionalidades, como a instalação de câmeras de monitoramento e sistemas de alarme com monitoramento em tempo real, visando aprimorar a segurança e a eficiência dos processos operacionais;
3. Analisar os potenciais benefícios ambientais decorrentes da modernização dos sistemas de telemetria, especialmente no que diz respeito à redução de perdas de água e à otimização do uso de recursos naturais.

No contexto das hipóteses da pesquisa, supõe-se que:

1. A substituição dos modems com chip de dados M2M pela comunicação por fibra óptica resultará em ganhos significativos de performance, confiabilidade e estabilidade na transmissão de dados;

2. A introdução de novas funcionalidades, como a instalação de câmeras e sistemas de alarme, contribuirá para aprimorar a segurança e eficiência dos processos operacionais da CESAMA;
3. A modernização dos sistemas de telemetria poderá gerar benefícios ambientais, tais como a redução de perdas de água e o uso mais eficiente dos recursos hídricos.

Em termos metodológicos, esta pesquisa será conduzida por meio de um estudo de caso na CESAMA, envolvendo a coleta de dados primários e secundários sobre o desempenho dos sistemas de telemetria atuais e potenciais ganhos decorrentes da adoção de novas tecnologias. A análise dos dados será realizada por meio de métodos quantitativos e qualitativos, visando fornecer *insights* relevantes para a tomada de decisão e a implementação de melhorias nos processos operacionais da empresa.

Segundo, Sérgio Queiroz, gerente de Automação e Eficiência Energética na CESAMA: “a substituição do GPRS pela fibra óptica foi um marco tecnológico para o sistema de telemetria da empresa. Essa mudança elevou a eficiência operacional, agilizou a resposta a incidentes e reforçou a segurança do sistema. Com o aumento na disponibilidade de dados, é possível adotar técnicas avançadas de controle e inteligência artificial, como a previsão dos níveis dos reservatórios, permitindo economizar energia durante o Horário de Ponta em instalações que operam em Média Tensão”. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), possui mestrado em Engenharia Elétrica em Sistemas Eletrônicos também pela UFJF, e tem experiência na área, com ênfase em Controle de Processos Eletrônicos, Retroalimentação e Automação Industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: automação, controle, saneamento, qualidade de energia elétrica e eficiência energética, sistemas supervisórios e instrumentação. Ocupa desde 2012 o cargo de Gerente de Automação e Telecomunicações na CESAMA.

2- Referencial Teórico:

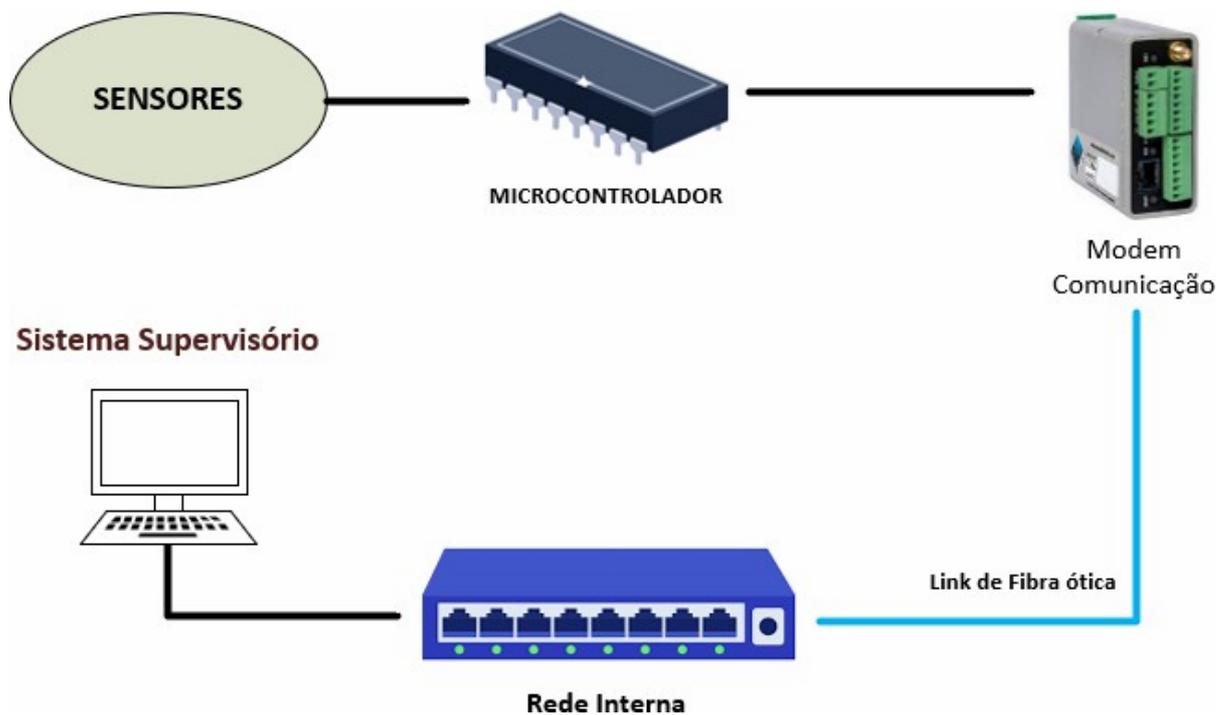
A aplicação de técnicas avançadas de telecomunicações na área de telemetria para ganhos operacionais, especialmente no contexto do setor de saneamento, é respaldada por diversos conceitos e teorias fundamentais. Neste referencial teórico, serão abordados alguns desses aspectos relevantes.

De acordo com Vissotto Junior (2004), a palavra telemetria vem de termos gregos como tele, que significa longe ou remoto, e metron, que se refere à medida.

Portanto, a telemetria pode ser definida como uma técnica de obtenção de dados a distância, com a transferência de dados coletados para o monitoramento, medição e controle.

Segundo Teixeira, Oliveira e Heleno (2014), a telemetria, há alguns anos, era utilizada principalmente em operações com telêmetros, instrumentos ópticos destinados à medição de distâncias específicas e à transmissão de dados para análise posterior. Com o avanço tecnológico, o conceito de telemetria expandiu-se, sendo agora aplicado em diversas áreas, como automobilismo, aviação, agricultura, medicina e biologia. Atualmente, a telemetria permite a medição e o monitoramento remoto de sistemas em locais de difícil acesso, viabilizando o acompanhamento constante desses sistemas a partir de outro local, com diferentes exigências em termos de distância e largura de banda de transmissão.

FIGURA 1 – Esquema básico de um sistema de telemetria



FONTE – O Autor, 2024.

- **Telemetria e Sistemas de Monitoramento:** A telemetria refere-se à transmissão remota de dados de medição ou controle através de sistemas de comunicação. Essa prática permite monitorar e controlar processos à distância, possibilitando a obtenção de informações em tempo real sobre variáveis operacionais. A telemetria desempenha um papel crucial em setores como o saneamento, onde o monitoramento contínuo de variáveis – como por exemplo, nível de água, pressão nas redes e qualidade da água – é essencial para garantir a eficiência e a segurança das operações.
- **Tecnologias de Telecomunicações Aplicadas à Telemetria:** No contexto das telecomunicações, diversas tecnologias têm sido empregadas para viabilizar a transmissão de dados em sistemas de telemetria. Isso inclui o uso de modems com chip de dados M2M, tecnologias sem fio como redes celulares e rádio frequência, e, mais recentemente, a comunicação por fibra óptica. Cada uma dessas tecnologias possui características específicas em termos de alcance, velocidade, estabilidade e custo, o que influencia diretamente sua aplicabilidade em diferentes cenários operacionais.
- **Fibra Óptica:** A fibra óptica rapidamente se tornou o meio de escolha para sistemas de telecomunicações, transmissão de televisão e redes de dados. Os cabos de fibra ótica têm uma infinidade de vantagens e benefícios em relação aos métodos mais tradicionais de sistemas de informação, como cobre ou cabos coaxiais. A imunidade a interferência eletromagnética também é extremamente relevante, os cabos coaxiais têm uma tendência à interferência eletromagnética, o que os torna menos eficazes. A fibra ótica não é afetada por sinais elétricos externos, porque os dados são transmitidos através da luz. A segurança dos sistemas ópticos se sobressai em relação aos meios tradicionais. A interferência eletromagnética faz com que os cabos coaxiais vazem informações. Fibra ótica torna impossível detectar remotamente o sinal que está sendo transmitido dentro do cabo. A única maneira de fazer isso é acessando a própria fibra ótica. O acesso à fibra requer intervenção que é facilmente detectável pela vigilância de segurança. Estas circunstâncias tornam a fibra extremamente atraente para governos, bancos e empresas que exigem maior segurança dos dados. Na prevenção de incêndio também é

possível visualizar a contribuição da fibra óptica, a transmissão convencional de fio de cobre pode gerar faíscas, causando centelhas e até fogo. Como os fios ópticos de fibra usam luz em vez de eletricidade para transportar sinais, a chance de um incêndio elétrico é eliminada. Isso faz das fibras óticas uma forma excepcionalmente segura de fiação e uma das formas mais seguras de transmissão de dados (SOUZA, 2022).

Além disso, sua utilização possibilita a integração de sistemas adicionais, como câmeras de monitoramento e sistemas de alarme, ampliando as funcionalidades dos sistemas de telemetria.

Porém a transição de um sistema de telemetria baseado em telefonia com chip de dados para comunicação via fibra óptica em uma empresa pública de saneamento envolve adversidades e necessidades significativas, especialmente no que diz respeito aos investimentos e às dificuldades administrativas. A implementação de fibra óptica requer um alto investimento inicial, englobando a instalação de infraestrutura complexa e a aquisição de equipamentos específicos, o que pode ser um desafio em termos de orçamento, especialmente em empresas públicas, onde os recursos são muitas vezes limitados e dependem de processos de licitação demorados e rigorosos. Além disso, o setor de TI precisará passar por treinamentos específicos para lidar com as novas tecnologias e protocolos, garantindo que a equipe esteja apta a gerenciar e operar o sistema atualizado, o que também é uma adversidade em empresas públicas. A troca de gestão, que pode ocorrer em função de mudanças políticas, também pode afetar a continuidade do projeto, seja por reavaliações estratégicas, mudanças de prioridades ou atrasos na execução. Essas barreiras demandam um planejamento detalhado e uma articulação eficiente entre os setores técnico e administrativo para garantir a viabilidade e o sucesso da transição, mesmo diante de um cenário institucional complexo.

- **Ganhos Operacionais e Benefícios Associados:** A adoção de técnicas avançadas de telecomunicações aplicadas à telemetria, incluindo a utilização de fibra óptica, pode resultar em uma série de ganhos operacionais para organizações como a CESAMA. Entre esses benefícios, destacam-se a melhoria da eficiência na detecção e correção de falhas, a redução de custos operacionais a longo prazo, a otimização do uso de

recursos naturais e a ampliação das possibilidades de monitoramento e controle em tempo real. Esses ganhos contribuem não apenas para a eficiência operacional, mas também para a prestação de serviços de melhor qualidade à comunidade.

De acordo com Celito Luz, Gerente de Inovação e Tecnologia da Informação da CESAMA: "Com a infraestrutura de fibra óptica, a CESAMA está se preparando para um futuro orientado por dados, onde um novo departamento de ciência de dados utilizará tecnologias como *Data Warehouse* (DW) e *Data Lake* (DL), aliadas à inteligência artificial para otimizar a operação. Essa evolução tecnológica criará um ambiente favorável à gestão do conhecimento, facilitando a adaptação a mudanças e promovendo uma cultura de inovação e *Data Culture*". Celito Luz é técnico em processamento de dados, formado em Desenvolvimento de Sistemas para Internet pelo Instituto Vianna Jr., e pós-graduado em Administração Pública e em Gestão Pública Municipal, ambas pela UFJF.

No contexto de armazenamento de dados, especialmente para análises ou outras finalidades específicas, nem sempre é prioritário garantir um esquema unificado, embora isso possa facilitar a consulta posterior. Em soluções voltadas para Cidades Inteligentes, o foco está em obter um armazenamento rápido e eficiente, sem a necessidade de converter todos os dados para um formato comum. Silberschatz, Korth e Sudarshan (2020) descrevem uma estrutura conhecida como *Data Lake* (DL), onde os dados podem ser armazenados em diversos formatos, tanto estruturados quanto não estruturados. Esse modelo de armazenamento permite uma maior flexibilidade no gerenciamento de grandes volumes de dados, característica essencial para a dinâmica e complexidade das Cidades Inteligentes. (Holanda de Oliveira, Washington, 2023). Enquanto um *Data Warehouse* (DW) é um dos componentes de um BI, ou seja, um repositório de dados preparado para dar suporte a aplicações de tomada de decisões (TURBAN, 2008).

A utilização de tecnologias emergentes, como computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e ciência de dados, torna-se indispensável para aumentar a produtividade e elevar o grau de serviço oferecido por empresas. Essas inovações tecnológicas não só aprimoram a eficiência operacional, como também possibilitam a criação de soluções mais inteligentes e personalizadas, alinhando a empresa com as melhores práticas globais e garantindo sua competitividade em um cenário de constante transformação.

O conceito de Internet das Coisas (IoT) refere-se a uma rede de sensores físicos incorporados a eletrônica e software que permite obter dados em tempo real de quaisquer parâmetros mensuráveis como nível, fluxo, pressão, temperatura, correlações de ruído, dentre outros. (Martins Gesáina, 2021). Já segundo Lemos (2012), a Internet das Coisas pode ser explicada como sendo uma infraestrutura de rede global dinâmica, baseada em protocolos de comunicação em que coisas físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, utilizando interfaces inteligentes e integradas às redes telemáticas. As coisas/objetos tornam-se capazes de interagir e de comunicar entre si e com o meio ambiente por meio do intercâmbio de dados. As coisas reagem de forma autônoma aos eventos do “mundo real / físico” e podem influenciá-los por processos sem intervenção humana direta.

Por meio da compreensão desses conceitos e teorias fundamentais, é possível embasar de forma sólida a investigação dos impactos da aplicação de técnicas avançadas de telecomunicações na telemetria para ganhos operacionais, especialmente no contexto da CESAMA e sua transição para a comunicação por fibra óptica.

FIGURA 2 – Equipamentos usados para transmissão de dados de telemetria na CESAMA



FONTE – O Autor, 2024.

FIGURA 3 – Conversor de fibra óptica para rj45, com sistema de nobreak



FONTE – O Autor, 2024.

3- Metodologia

A escolha da metodologia qualitativa justifica-se pela complexidade do contexto e pela necessidade de interpretar os significados atribuídos pelos profissionais entrevistados aos benefícios e desafios da transição tecnológica. Além disso, a triangulação dos dados – comparando entrevistas, relatórios técnicos e discussões com especialistas – foi utilizada para validar os resultados e assegurar a robustez das conclusões.

Os dados foram extraídos do sistema de monitoramento da CESAMA, o Zabbix (plataforma de monitoramento de código aberto utilizada para acompanhar o desempenho de redes, servidores, aplicativos, serviços e outros dispositivos de TI em tempo real, e que permite a coleta de dados de forma contínua e centralizada, oferecendo a possibilidade de criar alertas automáticos, gerar relatórios e visualizar o status dos sistemas monitorados por meio de painéis gráficos personalizáveis). A natureza descritiva desta pesquisa é justificada pelo objetivo de documentar e caracterizar os efeitos observados através da análise dos dados secundários, como ICMP (Internet Control Message Protocol) e tráfego de rede: um importante protocolo de camada de rede nas redes de computadores que fornece um mecanismo

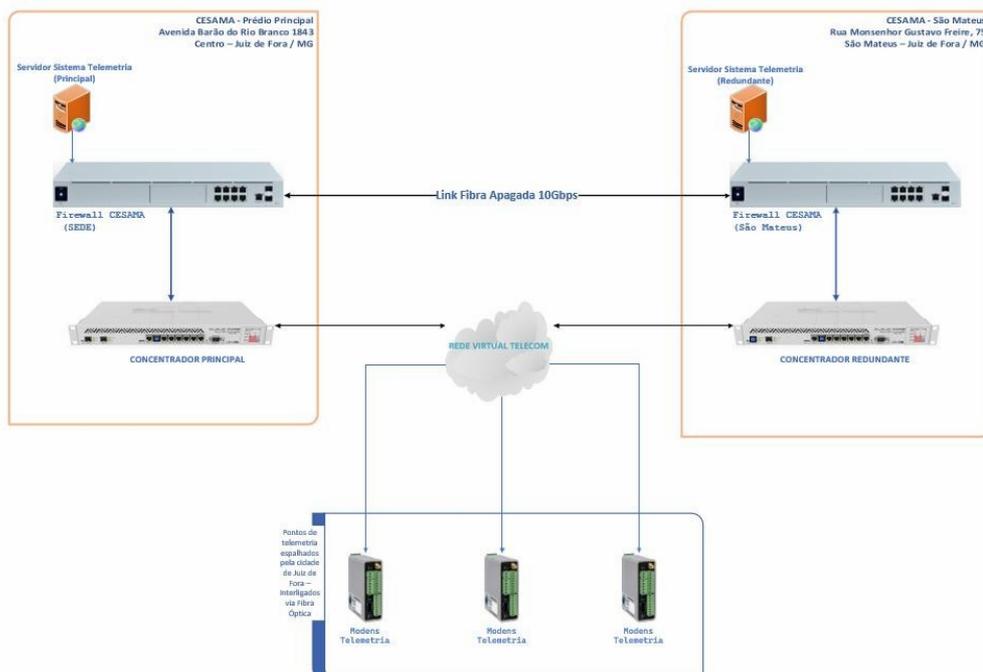
padronizado para que os dispositivos de rede comuniquem informações vitais, como conectividade e status da rede.

4- Análise de Dados

Os dados coletados foram submetidos a uma análise de conteúdo, que envolveu a categorização e interpretação dos temas emergentes relacionados aos ganhos operacionais, eficiência de transmissão de dados e impacto ambiental. A análise foi orientada por três principais eixos:

- Viabilidade Técnica e Econômica: Avaliação da relação custo-benefício da substituição dos modems com chip de dados M2M pela comunicação por fibra óptica.
- Integração de Novas Funcionalidades: Investigação da possibilidade de integrar novas tecnologias, como câmeras de monitoramento e sistemas de alarme, ao sistema de telemetria utilizando a infraestrutura de fibra óptica.
- Benefícios Ambientais: Análise dos efeitos da modernização dos sistemas de telemetria na redução de perdas de água e no uso eficiente dos recursos naturais.

Figura 4 – Esquema de ligação dos modems por fibra óptica da CESAMA, com sistema de redundância



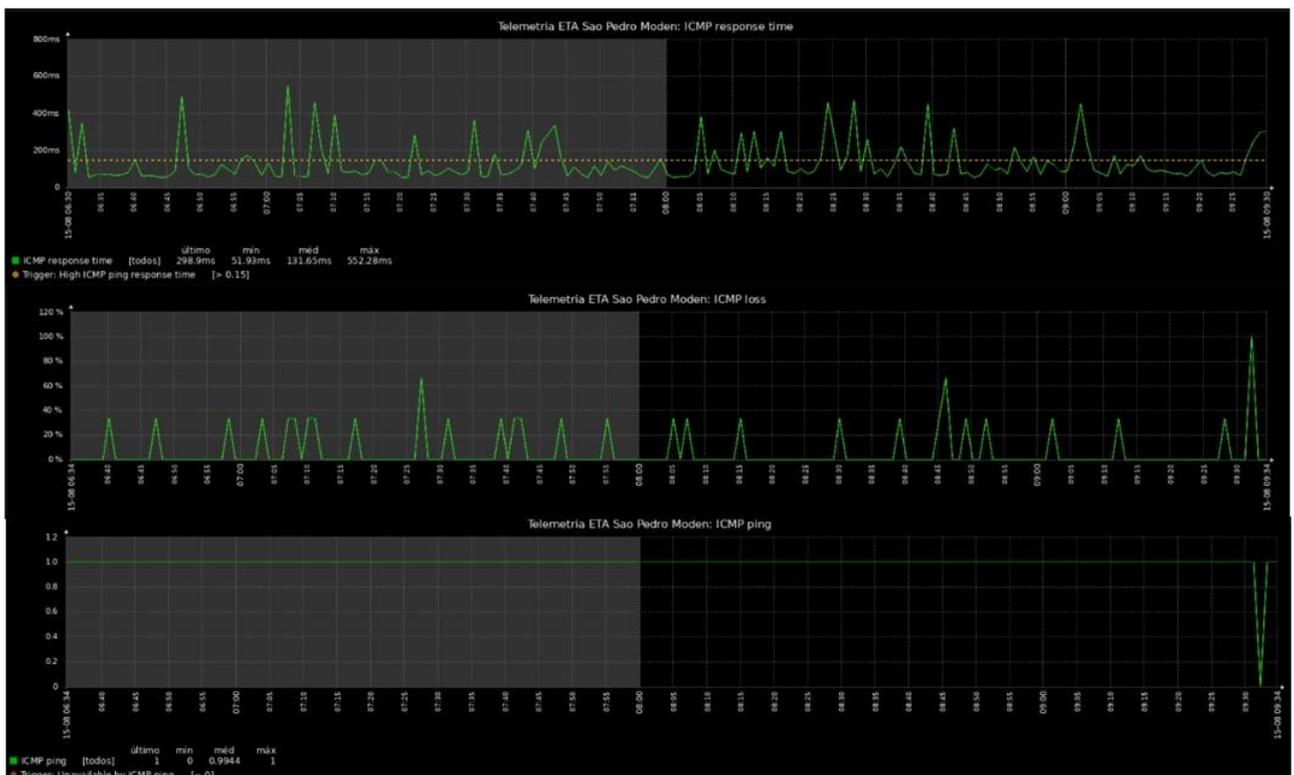
FONTE – CESAMA, 2024.

Já a validação dos resultados foi realizada por meio de triangulação dos dados, comparando os resultados obtidos nas entrevistas com gestores envolvidos no processo – gerente de eficiência energética e automação e gerente de inovação e tecnologia – com as informações extraídas dos relatórios técnicos e operacionais da CESAMA. Além disso, foi realizada uma discussão com especialistas na área de telecomunicações aplicadas ao saneamento para corroborar as conclusões.

As principais limitações da pesquisa incluem a dependência de dados secundários, que podem não refletir completamente as nuances operacionais, e a limitação temporal, já que os impactos de longo prazo da implementação da fibra óptica ainda não puderam ser totalmente avaliados.

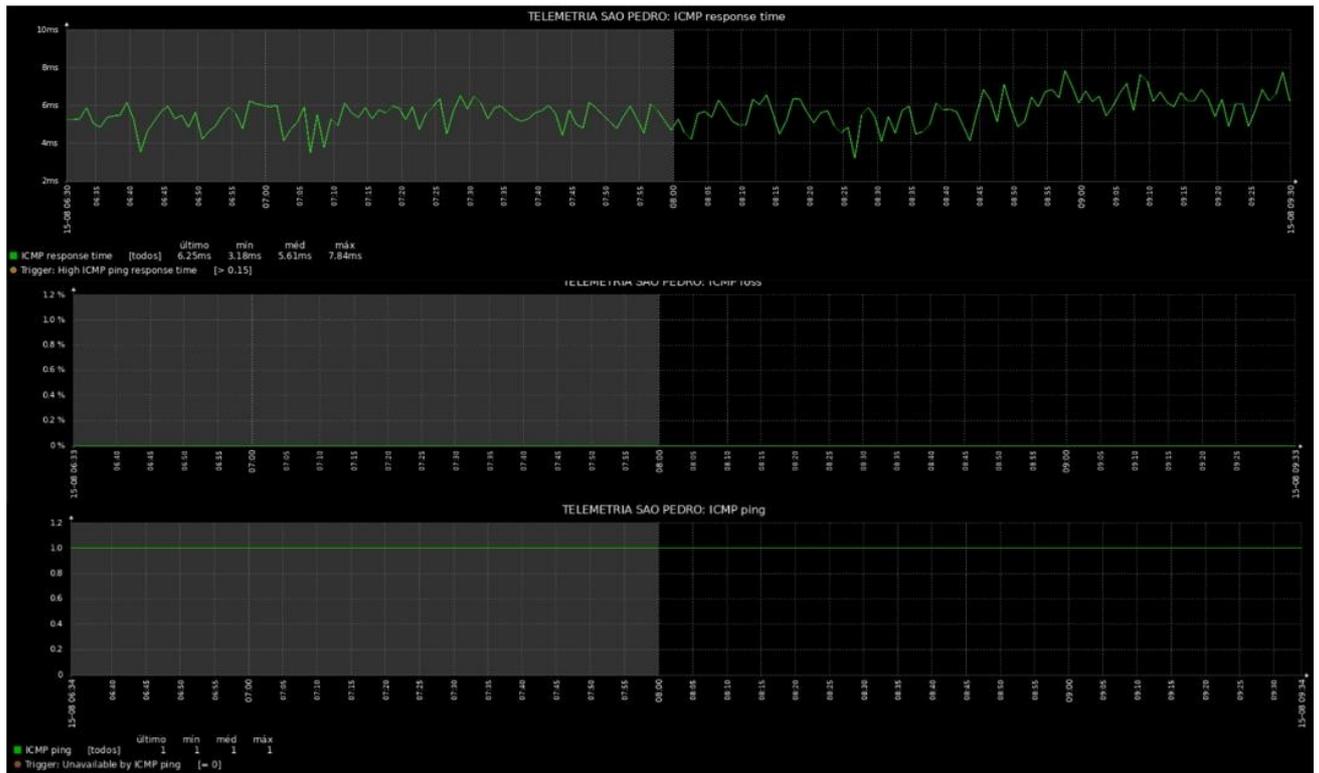
Essa metodologia fornece uma base sólida para entender os impactos da inovação tecnológica no contexto da CESAMA, contribuindo para o aprimoramento dos processos de telemetria e, por conseguinte, para a melhoria dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, prestados à comunidade.

FIGURA 5 - ICMP (response time, loss, ping) Telemetria ETA São Pedro via modem M2M



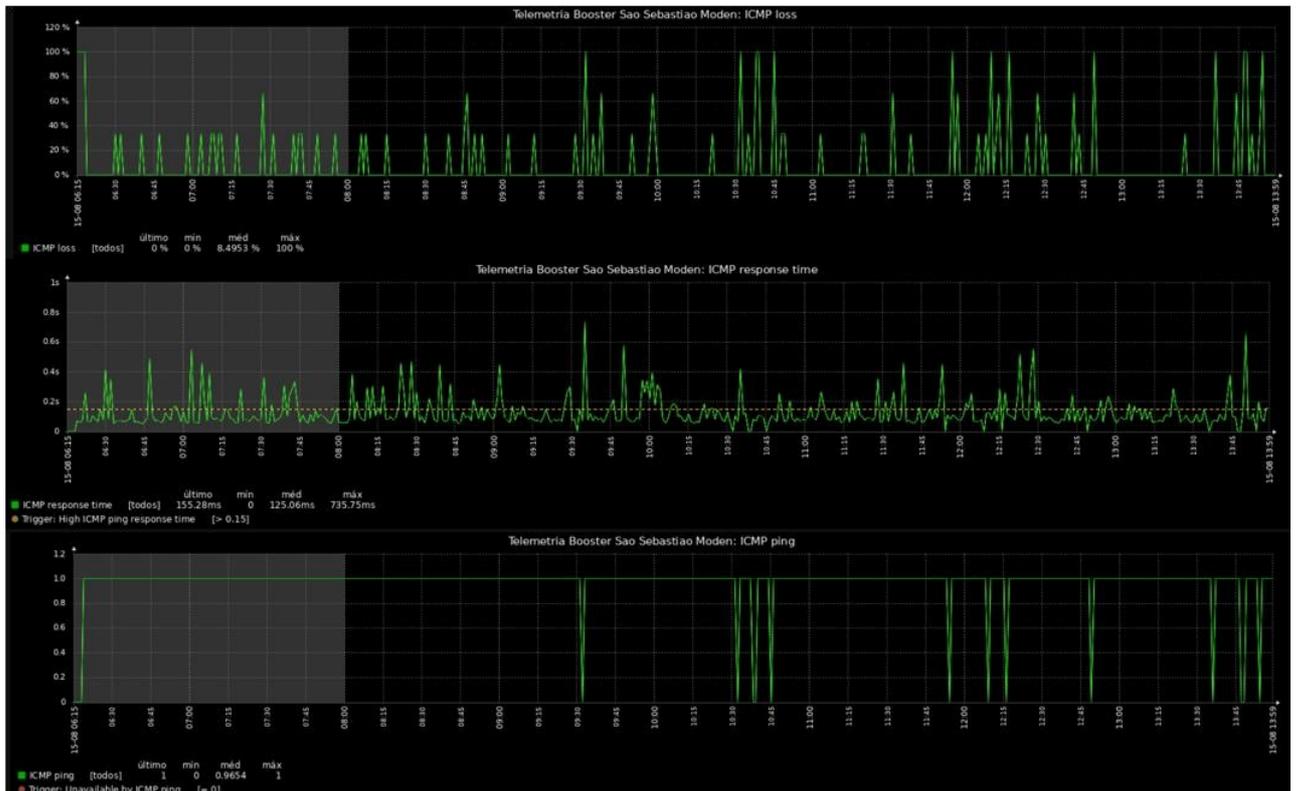
FONTE – Sistema de monitoramento da CESAMA (ZABBIX), 2024.

FIGURA 6 - ICMP (response time, loss, ping) Telemetria ETA São Pedro via fibra óptica



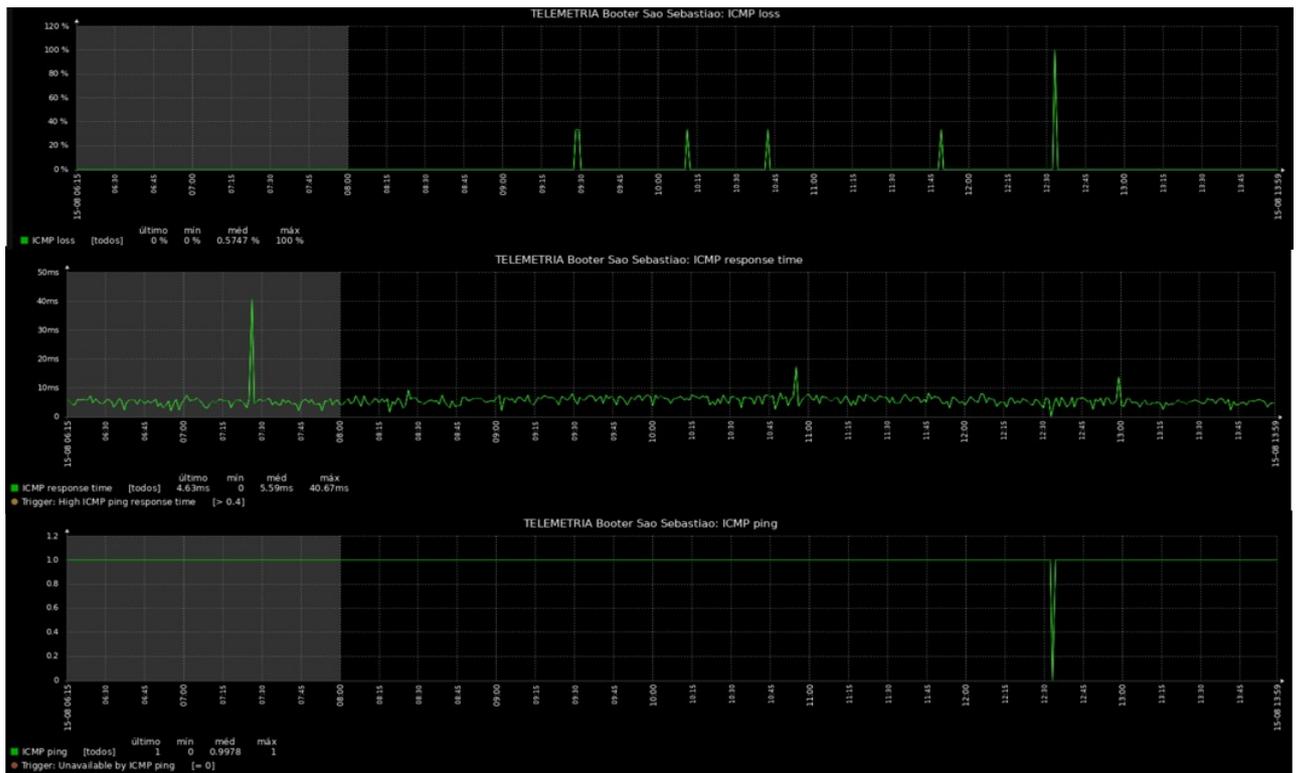
FONTE – Sistema de monitoramento da CESAMA (ZABBIX), 2024

FIGURA 7 - ICMP (response time, loss, ping) Telemetria Booster São Sebastião via modem M2M



FONTE – Sistema de monitoramento da CESAMA (ZABBIX), 2024.

FIGURA 8 - ICMP (response time, loss, ping) Telemetria Booster São Sebastião via fibra óptica



FONTE – Sistema de monitoramento da CESAMA (ZABBIX), 2024

As Figuras 05, 06, 07 e 08 ilustram de maneira clara e detalhada as diferenças significativas entre as duas tecnologias de conexão analisadas, especialmente no que diz respeito à latência, à perda de pacotes e à disponibilidade do serviço. A telemetria utilizando modem com Chip de Dados M2M apresentou picos consideravelmente elevados de latência, que foram acompanhados por uma taxa expressiva de perda de pacotes (ICMP loss). Essa elevada latência, combinada com a perda frequente de pacotes, prejudica a eficiência da comunicação, comprometendo a qualidade do serviço. Além disso, o tempo de indisponibilidade do serviço (ICMP ping) registrado no modem com Chip de Dados M2M foram substancialmente maiores quando comparado ao modem utilizando conexão via fibra óptica.

Essas diferenças são ainda mais notáveis quando se observam as velocidades de *download* e *upload*, conforme representado nos gráficos. A conexão via modem com Chip de Dados M2M revelou-se significativamente mais lenta e instável, com variações abruptas nas velocidades registradas. Tais variações impactam diretamente a experiência do usuário, principalmente em aplicações que exigem alta largura de banda e baixa latência, como videoconferências, streaming de vídeo em alta definição e aplicações críticas em tempo real. A oscilação nas velocidades de transmissão pode

levar a interrupções, atrasos e até queda de serviços durante períodos de pico de uso ou em locais com baixa cobertura de sinal.

Em contrapartida, o modem utilizando fibra óptica apresentou um desempenho relevantemente superior. As velocidades de *download* e *upload* foram não apenas mais elevadas, mas também consistentes ao longo do tempo. Essa estabilidade é um reflexo direto das propriedades técnicas da fibra óptica, que permite a transmissão de grandes volumes de dados a altas velocidades sem sofrer com a degradação de sinal ou com os congestionamentos comuns em redes móveis. A fibra óptica, por transmitir dados através de pulsos de luz, tem a capacidade de mitigar interferências externas e ambientais, o que garante uma comunicação fluida e contínua, mesmo em situações de alta demanda.

Outro aspecto crucial evidenciado pelos gráficos é a estabilidade da conexão ao longo do tempo. O modem com Chip de Dados M2M demonstrou uma maior suscetibilidade a variações na qualidade da conexão, com flutuações frequentes e imprevisíveis. Essas flutuações estão diretamente relacionadas à natureza das redes móveis, que são afetadas por uma variedade de fatores externos, como a qualidade do sinal, interferências ambientais, condições climáticas e a saturação da rede, principalmente em áreas densamente povoadas. Essas condições adversas podem resultar em uma experiência de conexão inconsistente e imprevisível, o que torna essa tecnologia menos adequada para aplicações que exigem uma performance confiável e contínua.

Por outro lado, o modem com fibra óptica apresentou uma estabilidade notavelmente superior, mantendo a qualidade da conexão praticamente constante ao longo do tempo. Essa estabilidade é um fator crucial em ambientes onde interrupções ou flutuações na conexão podem causar impactos significativos, como em operações industriais, monitoramento remoto, telemetria de alta precisão e outras aplicações críticas. A capacidade da fibra óptica de manter uma conexão estável, mesmo em cenários de alta demanda, a torna a escolha preferencial para ambientes onde a continuidade e a confiabilidade do serviço são fundamentais.

Esses resultados estão de acordo com as características intrínsecas de cada tecnologia. As redes móveis, que utilizam Chips de Dados M2M, são frequentemente impactadas por variáveis externas, como a qualidade do sinal, congestionamento da rede e interferências ambientais. Em contraste, a fibra óptica, por transmitir dados através de pulsos de luz dentro de cabos protegidos, não é suscetível aos mesmos tipos de interferência, proporcionando uma comunicação mais rápida, estável e

confiável. Isso faz da fibra óptica uma solução mais adequada para aplicações que exigem alta performance e consistência na transmissão de dados, como sistemas de segurança patrimonial, videomonitoramento, telemetria avançada e operações críticas em tempo real.

Segundo o Gerente de Inovação e Tecnologia da Informação, Celito Luz, a implementação da fibra óptica em substituição ao sinal GPRS (*General Packet Radio Service*) nas redes M2M representa uma inovação significativa na tecnologia de comunicação entre máquinas. Segundo Celito, esta transição na CESAMA não só aprimorou a qualidade do sinal e reduziu a latência, como também fortaleceu a segurança na transmissão dos dados, proporcionando um ambiente mais confiável e eficiente. “A fibra óptica alcança uma maior largura de banda, essencial para o processamento de maiores volumes de dados em tempo real, o que é crucial para aplicações de grande relevância, como o controle de sistemas automatizados e o monitoramento de processos críticos de saneamento, compensando em retorno o custo financeiro comparado à transmissão GPRS”.

Segundo a Gerente de Infraestrutura da CESAMA, Juliane Nogueira, a substituição dos modems de telemetria com chip de dados pelos modems conectados via fibra óptica viabilizou a idealização de projeto de segurança patrimonial em suas unidades que possuem localidades diversas no município. Pois, com esse avanço tecnológico, foi possível projetar o monitoramento ao vivo de unidades da empresa, além da instalação de câmeras de vigilância e sistemas de alarme, fortalecendo significativamente a segurança das instalações e pessoas, e conseqüentemente, a prestação dos serviços à população. Juliane é formada em Direito e pós-graduada em Gestão Empresarial, e pós-graduanda em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil, todos pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

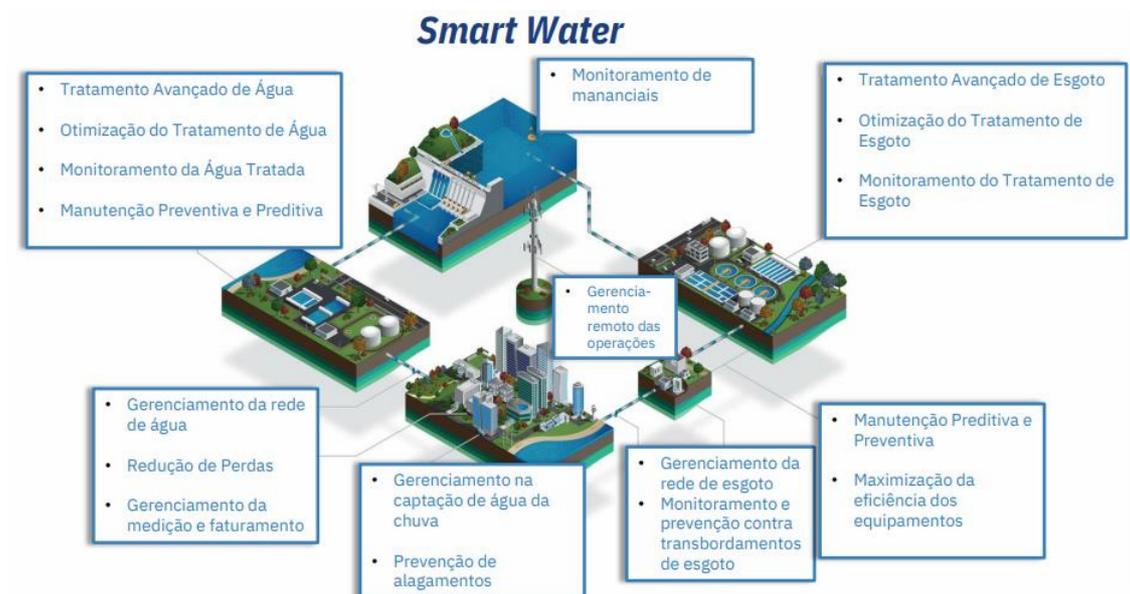
Contudo, a transformação digital da empresa exige não apenas a adoção de novas tecnologias, mas também uma mudança significativa no mindset corporativo. Para acompanhar as rápidas evoluções do mercado, é fundamental criar uma arquitetura global que seja flexível e escalável, permitindo que a empresa se adapte rapidamente a novos desafios e oportunidades. A implementação de metodologias ágeis desempenha um papel crucial nesse processo, promovendo uma cultura de experimentação, colaboração e melhoria contínua.

De acordo com os dados obtidos, o futuro da CESAMA aponta para a integração de sistemas inteligentes de monitoramento baseados em tecnologias emergentes como inteligência artificial (IA) e *machine learning* (ML), dentro do

conceito de *Smart Water*. Essa abordagem envolve o uso de sensores avançados, conectividade via fibra óptica e análise de dados em tempo real para criar uma rede inteligente de gestão de recursos hídricos. A aplicação de IA e ML permitirá a detecção precoce de anomalias no sistema de distribuição de água, fornecendo uma capacidade preditiva inédita. Com essa tecnologia, será possível antecipar e mitigar falhas antes que ocorram, garantindo uma resposta rápida e eficiente a potenciais problemas, como vazamentos e perdas de água, o que resultará em uma operação mais resiliente e sustentável.

Este suporte para grandes volumes de dados em tempo real, a CESAMA se posiciona à frente na transformação digital, pronta para adotar práticas que promovem uma cultura de inovação e decisões baseadas em dados, consolidando seu papel como líder em gestão inteligente de recursos hídricos, rumo ao conceito de *Smart Water* – adoção de um conjunto de tecnologias, ferramentas, estratégias e procedimentos no sentido de melhorar o processo de captação, tratamento e distribuição de água e esgoto –, uma tendência mundial e implantação crescente em diversos países desenvolvidos.

FIGURA 9 – Smart Water



FONTE: Documento interno CESAMA (relatório final Plano Diretor de Tecnologia da Automação (PDTA) – Parceria UFJF – CESAMA, 2023.

5- Resultados

A análise dos resultados obtidos no estudo demonstra claramente a superioridade dos modems conectados via fibra óptica em comparação aos modems com chip de dados, especialmente em termos de ICMP. Os modems de fibra óptica apresentaram uma performance significativamente melhor, com menor latência e maior estabilidade na transmissão de dados, fatores cruciais para o funcionamento eficiente dos sistemas de telemetria.

Apesar do custo inicial mais elevado para a implementação da fibra óptica, os benefícios gerados compensaram amplamente esse investimento. A utilização da fibra óptica possibilitou melhorias significativas nos sistemas de monitoramento de perdas de água, além de um controle mais eficaz das Estações de Tratamento de Água e Esgoto da cidade. Essas melhorias não só aumentaram a eficiência operacional, mas também resultaram em economia a longo prazo, devido à redução de perdas e à otimização dos recursos.

Além disso, a implementação da fibra óptica permitiu a CESAMA instalar câmeras de monitoramento, telefones IP (*Internet Protocol*), sistemas de alarme, e realizar um monitoramento mais preciso dos sistemas de abastecimento, coleta e tratamento. Esses avanços contribuíram não só para a segurança e qualidade dos serviços prestados, mas também proporcionaram benefícios diretos à população, como um abastecimento de água mais confiável e um ambiente mais seguro.

Portanto, a transição para a fibra óptica trouxe não apenas ganhos significativos em termos de performance técnica, mas também permitiu à CESAMA integrar novas funcionalidades e aprimorar os serviços públicos oferecidos, justificando o investimento inicial elevado e destacando a importância da modernização das infraestruturas de telecomunicações para o benefício da comunidade.

6- Conclusão

A implementação da fibra óptica nos sistemas de telemetria da CESAMA gerou ganhos operacionais significativos, superando de forma clara as limitações apresentadas pelos modems com Chip de Dados M2M. Entre os principais benefícios obtidos destacam-se a maior estabilidade e velocidade na transmissão de dados, possibilitando a integração de novas funcionalidades, como o monitoramento por câmeras em tempo real e a instalação de sistemas de alarme. Esses avanços tecnológicos contribuíram diretamente para a melhoria da eficiência operacional e ambiental da empresa.

Embora o investimento inicial na infraestrutura de fibra óptica tenha sido considerável, os resultados a longo prazo demonstram que a modernização trouxe economias substanciais. A estabilidade proporcionada pela fibra óptica reduziu o tempo de inatividade, minimizou perdas de dados e otimizou os processos de telemetria, resultando em uma maior eficiência na prestação dos serviços. Esse impacto positivo sobre a operação da CESAMA justifica plenamente o investimento realizado, reforçando a importância de contínuos aportes em tecnologias avançadas para garantir a sustentabilidade e a eficiência dos serviços públicos de saneamento.

A análise gráfica realizada no presente estudo confirma a superioridade da tecnologia de fibra óptica em termos de latência, velocidade de transmissão e estabilidade da conexão. Os gráficos comparativos evidenciam que a fibra óptica oferece uma solução robusta e altamente eficiente para ambientes que exigem alta confiabilidade e desempenho constante. No entanto, é importante ressaltar que a tecnologia M2M ainda possui valor em cenários específicos, principalmente onde a conectividade móvel é uma exigência, como em locais remotos ou de difícil acesso. Esses *insights* são fundamentais para decisões informadas quanto à escolha das tecnologias de conexão mais adequadas para cada contexto de aplicação.

A modernização dos sistemas de telemetria, conforme ratificado pelos entrevistados, representou um avanço relevante para a CESAMA, não apenas em termos operacionais, mas também no fortalecimento da segurança patrimonial, garantindo uma transmissão de dados mais estável e confiável. Esses elementos foram essenciais para a empresa, contribuindo significativamente para a melhoria contínua dos serviços e para a sustentabilidade das operações a longo prazo.

Este estudo gráfico evidencia, portanto, a importância de alinhar as expectativas de desempenho com as capacidades técnicas das diferentes tecnologias disponíveis, garantindo assim que a escolha das soluções de conectividade seja adequada às necessidades específicas de cada projeto. Dessa forma, a implementação da fibra óptica posiciona-se como uma peça-chave na estratégia de modernização e eficiência da CESAMA, proporcionando uma base sólida para futuras inovações e a melhoria contínua dos serviços prestados à população.

Além dos ganhos técnicos e operacionais, a experiência da CESAMA também ressaltou os benefícios da inovação tecnológica para o fortalecimento da segurança e da confiabilidade dos sistemas de monitoramento. A fibra óptica contribuiu para a otimização dos processos internos da empresa, gerando desdobramentos positivos

para a eficiência na prestação de serviços e, conseqüentemente, para o alcance das metas estratégicas da CESAMA, alinhadas à sua missão social.

Ao projetar o futuro da CESAMA, podemos vislumbrar uma organização que não apenas responde às demandas atuais do setor, mas que se antecipa às necessidades futuras, adotando uma abordagem proativa em relação à inovação. A implementação de redes de sensores inteligentes, integradas a uma infraestrutura robusta de comunicação via fibra óptica, permitirá um monitoramento ambiental em tempo real, proporcionando uma resposta rápida a emergências e melhorando a qualidade do serviço.

Além disso, a convergência de tecnologias como IoT (Internet das Coisas), inteligência artificial (IA) e *machine learning* (ML), poderá transformar a gestão de águas. Introduzindo soluções que vão desde a detecção de vazamentos em tempo real até a otimização do tratamento de água. Essa evolução tecnológica coloca a CESAMA em uma posição de liderança no setor de saneamento, com potencial para se tornar um modelo de referência em gestão inteligente de recursos hídricos no Brasil e internacionalmente.

Referências

ADELFA. Cidades inteligentes e inovação. Disponível em: <https://adelfa-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/8717cda5-8931-4c75-a7cb-e4330078a73a/content>. Acesso em: 17 jun. 2024.

AWS. What is ICMP? Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/icmp/>. Acesso em: 14 ago. 2024.

Bluefield Research. Europe Smart Water: Market Forecasts and Utility Strategies, 2017-2025. Janeiro 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL (CESAMA). Atribuições e Números. Disponível em: <https://www.cesama.com.br/a-cesama/atribuicoes-e-numeros-2>. Acesso em: 14 ago. 2024.

GARBI, Fábio; PALUDO, Nereu. Telemetria e Supervisão de Redes de Distribuição de Água. Revista DAE, São Paulo, v. 65, n. 209, p. 52-65, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.abrh.org.br/ojs/index.php/REDAE/article/view/262>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Martins, Gesáina. Proposta de um sistema inteligente de distribuição de água (Smart.Water System) em um campus universitário. Dissertação de mestrado. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/server/api/core/bitstreams/8e896206-3130-42b8-81fc-cd7b7c5b58f2/content>. Acesso em: 19 ago. 2024.

GOMES, Júlio César; OLIVEIRA, Mariana Silva; SOUZA, Lucas Vinícius. Fiber optic in computer networks: advantages and disadvantages for use and applications in business activities. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/371885588_FIBER_OPTIC_IN_COMPUTER_NETWORKS_ADVANTAGES_AND_DISADVANTAGES_FOR_USE_AND_APPLICATIONS_IN_BUSINESS_ACTIVITIES/fulltext/649adb17b9ed6874a5ddcdf1/FIBER-OPTIC-IN-COMPUTER-NETWORKS-ADVANTAGES-AND-DISADVANTAGES-FOR-USE-AND-APPLICATIONS-IN-BUSINESS-ACTIVITIES.pdf. Acesso em: 17 jun. 2024.

Holanda de Oliveira, Washington. Especificação de uma Arquitetura de Data Lake para Cidades Inteligentes. Disponível em:
<https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/e0576c4c-0e44-456d-af26-fb1c23125d15/content>. Acesso em 19 ago. 2024.

LEMOS, André. A comunicação das coisas. Internet das coisas e teoria ator-rede. SIMSOCIAL: CYBER-ARTE-CULTURA, v. 2, 2012.

LOUREIRO, Jorge. Telemetria: a revolução na captura de dados e monitoramento em tempo real. Brasília: Instituto de Transporte e Logística, 2019. Disponível em:
<https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/332/1/Telemetria.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MACHADO, José da Silva; PEREIRA, Roberto Carlos. Câmeras de segurança e seus sistemas tecnológicos. Disponível em:
<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos17/12425136.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2024.

LIMA, Isaias Correia. As vantagens da fibra óptica em sistemas de telecomunicações. *Revista Semana Acadêmica*. Disponível em:
<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/revistasemanaacademicafibroptica.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SANTOS, Samuel Leite dos. Análise da utilização da telemetria no processo produtivo e na gestão de frota. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) — Faculdade Doctum de Serra. Disponível em:
<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/2298/1/AN%C3%81LISE%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20TELEMETRIA%20NO%20PROCESSO%20PRODUTIVO%20E%20NA%20GEST%C3%83O%20DE%20FROTA.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. Database System Concepts, Seventh Edition. [S.l.]: McGraw-Hill Book Company, 2020. ISBN 9780078022159.

SILVA, André L.; MOREIRA, Luciana S. Implementação de Redes de Comunicação para Monitoramento de Saneamento Básico. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2018. Disponível em:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2018_TN_STP_268_100_36110.pdf. Acesso em: 17 jun. 2024.

SILVA, Marcos; RAMOS, Felipe; SANTOS, Rodrigo. SBRH2013_PAP012618. Disponível em:

https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013_PAP012618.pdf. Acesso em: 17 jun. 2024.

SOUZA, Elisson Aúrelio de. Fibra óptica: redes de fibra no meio urbano – Faculdade Pitágoras. 2022 Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/2298/1/AN%C3%81LISE%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20TELEMETRIA%20NO%20PROCESSO%20PRODUTIVO%20E%20NA%20GEST%C3%83O%20DE%20FROTA.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2024.

SOUZA, Luiz Guilherme Fernandes de; MAIA, Fábio Rodrigues. Análise da utilização da telemetria no processo produtivo e na gestão de frota. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Faculdade Doctum de Vitória, Vitória, 2021. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/60750/1/%C3%89LISSON_AUR%C3%89LIO_DE_SOUZA.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

TELEMETRIA E SUSTENTABILIDADE. Disponível em: <https://monitoraguas.com.br/telemetria-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

TELEMETRIA E TELEMEDIÇÃO SÃO IMPRESCINDÍVEIS PARA POTENCIALIZAR SANEAMENTO. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/741/telemetria-e-telemedicao-sao-imprescindiveis-para-potencializar-saneamento->. Acesso em: 17 jun. 2024.

TEIXEIRA, F.; OLIVEIRA, M. C.; HELLENO, A. L. Telemetria Automotiva via Internet Móvel. Revista Unisal, Americana, v. 16, n. 28-29, p. 1-10, 2014.

THE SMARTER WATER MANAGER – Smart water solutions for a resilient water future. Estocolmo: World Water Week, 2018. Disponível em: <https://programme.worldwaterweek.org/Content/ProposalResources/PDF/2018/pdf-2018-7855-1-The%20Smarter%20Water%20Manager%20-%20Smart%20water%20Solutions%20for%20a%20resilient%20water%20future.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

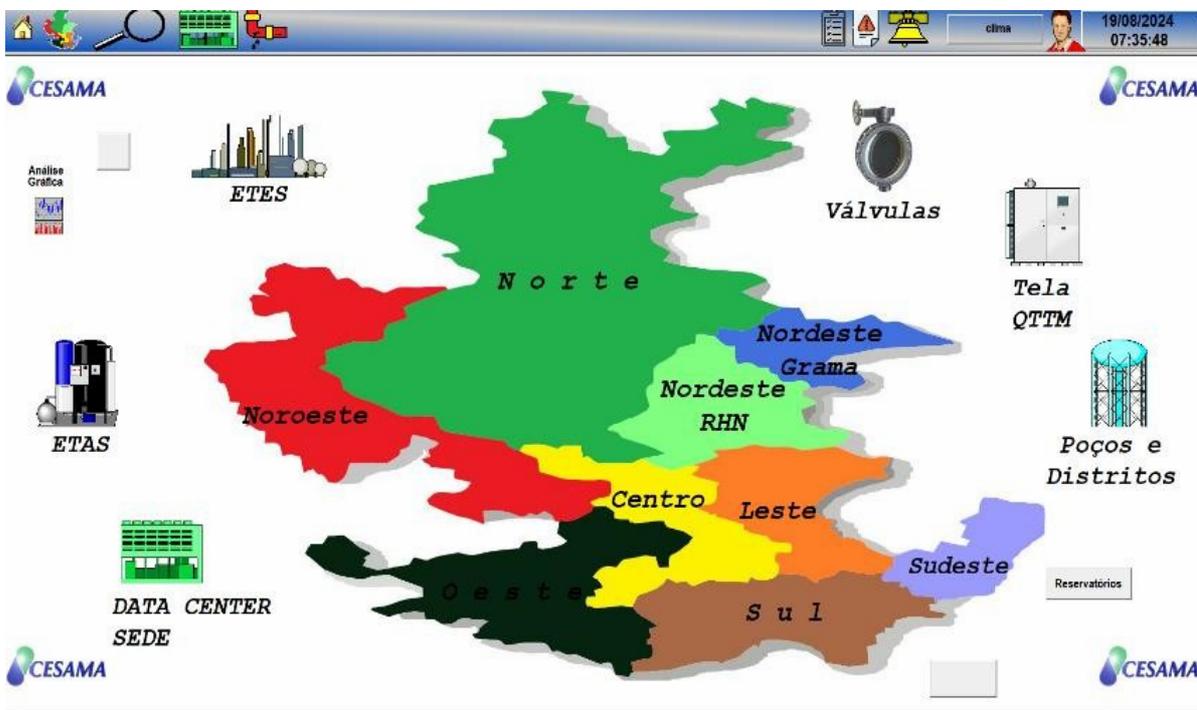
TURBAN, E.; SHARDA, R.; ARONSON, J. E.; KING, D. Business Intelligence: um Enfoque Gerencial Para a Inteligência do Negócio. Tradução Fabiano Bruno Gonçalves. São Paulo: Pearson, 2009.

VEIGA, Carlos Henrique de Figueiredo; COSTA, Rodrigo Bastos; LIMA, Silvio Marcos de Oliveira. Análise da aplicação do gerenciamento da manutenção em uma frota de locomotivas e a proposta de um modelo de sistema de telemetria para monitoramento em tempo real. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió. Anais [...]. Maceió: ABEPRO, 2018. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_319_30056.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

VISSOTTO JUNIOR, J. Transmissão de dados via telemetria: uma opção de comunicação remota. 26 de outubro de 2004. Disponível em: <https://www.vivaolinux.com.br/artigo/Transmissao-de-dados-via-telemetria-uma-opcao-de-comunicacao-remota?pagina=1>. Acesso em: 14 ago. 2024.

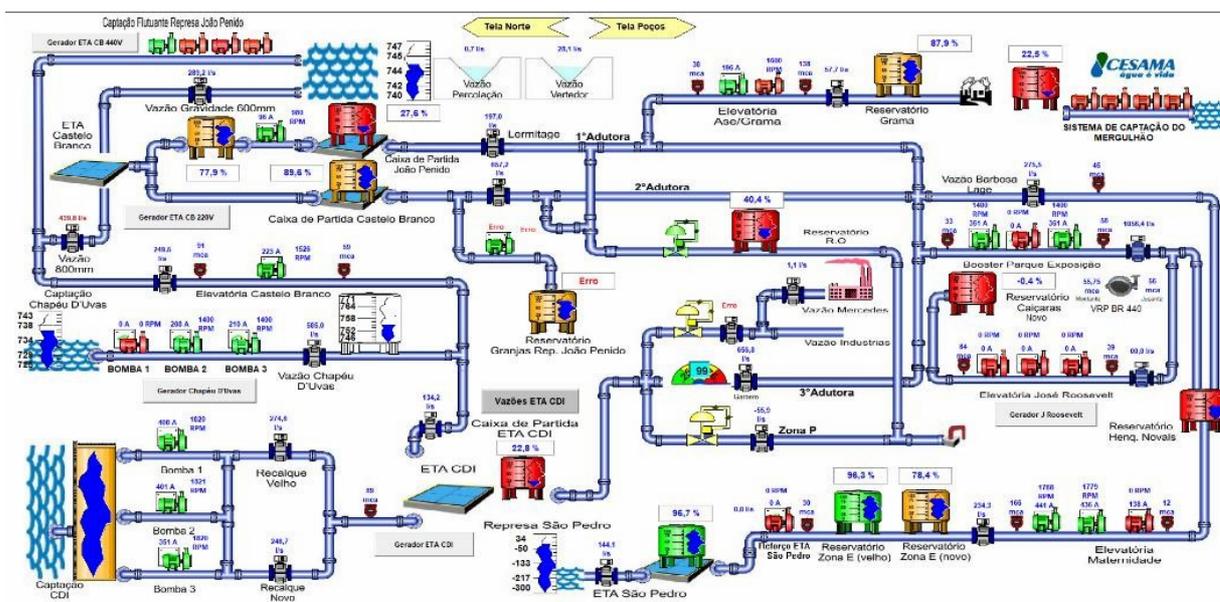
Anexos – Telas do sistema supervisorio de telemetria CESAMA

FIGURA 10 – Tela Principal do Sistema Supervisorio usado pela CESAMA (Elipse E3)



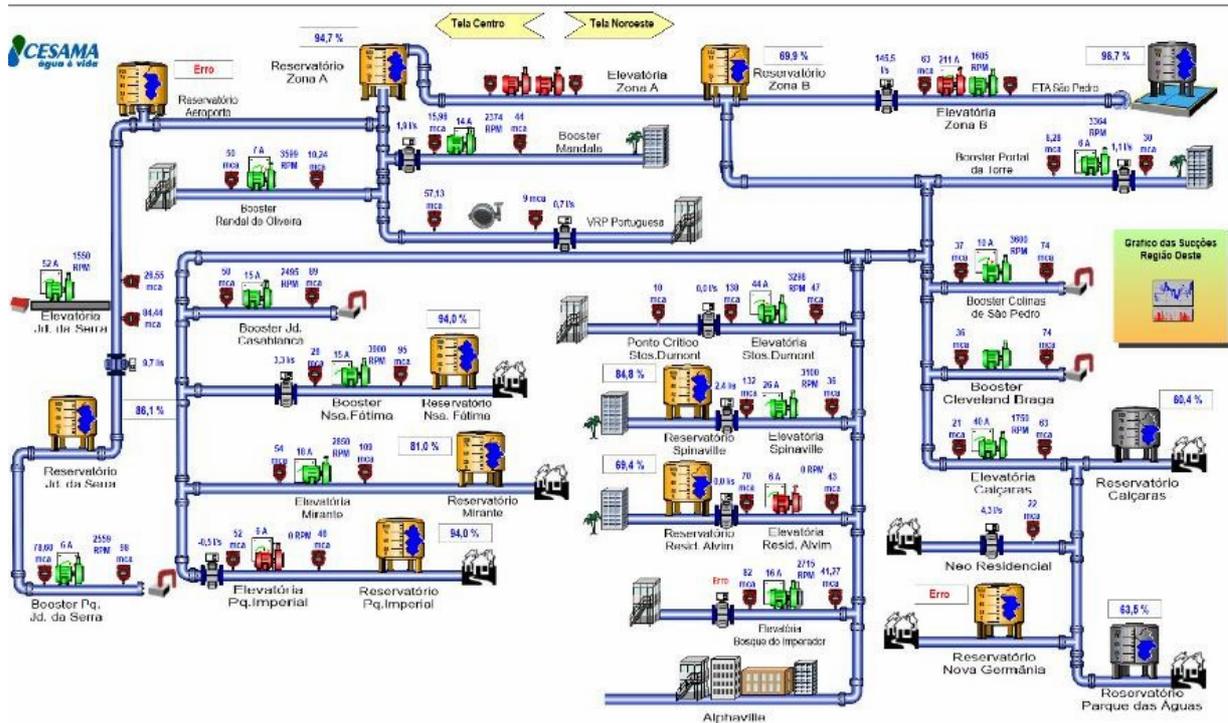
FONTE – CESAMA, 2024.

FIGURA 11 – Tela do sistema Elipse E3 (CESAMA) Captações de água



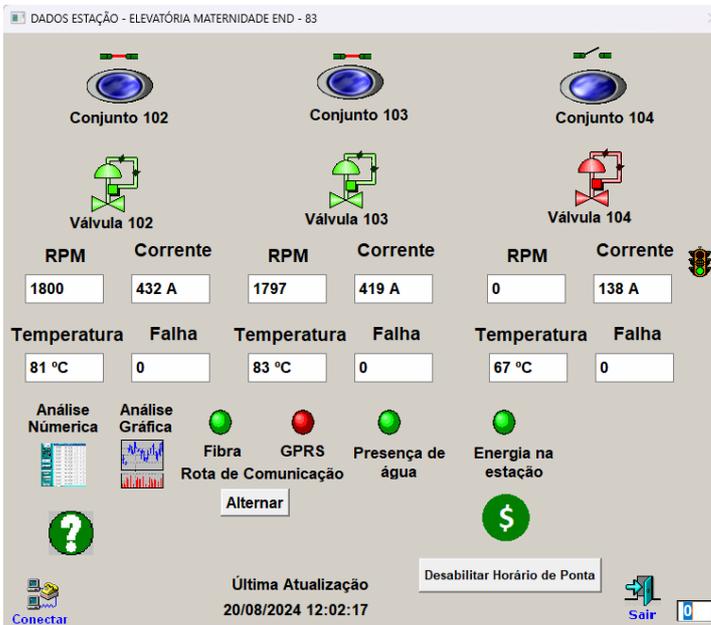
FONTE – CESAMA, 2024.

FIGURA 12 – Tela do sistema Elipse E3 (CESAMA) Região Oeste de Juiz de Fora (MG)



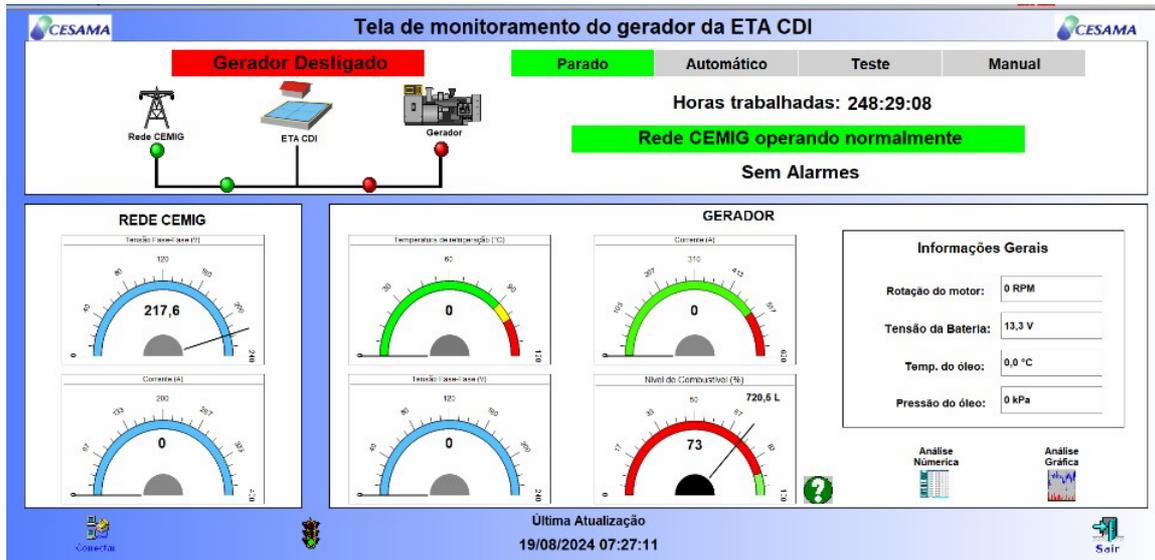
FONTE – CESAMA, 2024.

FIGURA 13 – Tela Sistema Elipse E3 (CESAMA), dados Elevatória Maternidade com a comunicação por fibra óptica



FONTE – CESAMA, 2024.

FIGURA 14 – Tela sistema Elipse E3 (CESAMA), gerador da ETA CDI



FONTE – CESAMA, 2024.