

POTENCIAIS ECONOMIAS DO MONITORAMENTO REMOTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA NO COMPLEXO FIRJAN SEDE TIJUCA

Ricardo de Oliveira Bicudo⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista (2011), Mestre em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2015), Formação de consultores em Lean Manufacturing (2017), Formação em consultor em Eficiência Energética (2017), Curso de Extensão em Engenharia do Ar condicionado (2018), SCADABR (2022), Data Science & Analytics (2022) e Digital Energy (em andamento).

Marcelo Derzie de Jesus Belache⁽²⁾

Engenheiro Civil

Warren dos Santos Bastos⁽³⁾

Engenheiro Civil

Endereço⁽¹⁾: Rua Barão de Iguatemi, 442 – Praça da Bandeira – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20270-060 - Brasil
- Tel: +55 (21) 2587-5463 - Cel: +55 (12) 9 8128 6764 - e-mail:ricardobicudo22@gmail.com

RESUMO

O consumo de energia elétrica e água está relacionada ao crescente aumento populacional, hábitos de consumo e necessidades tecnológicas o que caracteriza impactos ao meio ambiente e uma das principais causas das emissões antrópicas do CO₂ na atmosfera.

O monitoramento remoto é uma realidade que vem ganhando força com a evolução da tecnologia de fabricação de sensores, sistemas eletrônicos, automação e de comunicação, especialmente no desenvolvimento de protocolos para comunicação sem fio e infraestrutura de redes que apresentam um decréscimo nos custos de aquisição com o decorrer do tempo. O que pode ser destacado das Redes Inteligentes é a capacidade de monitorar e integrar os mais diversos sensores e sistemas (controle de iluminação, exaustão, climatização, consumo e distribuição, dentre outros), obtendo alta confiabilidade, previsibilidade, redução do tempo de resposta identificação de problemas e baixo custo de operação do sistema.

Com o monitoramento da água e energia pode-se perceber possíveis problemas que possam danificar a instalação e equipamentos, e ao mesmo tempo buscar formas para diminuir de maneira consciente o consumo, visando a sustentabilidade das atividades afins. A melhor maneira de otimizar os recursos energéticos de uma instalação é através do monitoramento constante do consumo dos insumos utilizados.

Os custos evitados estimados com as reduções do consumo de água e energia elétrica com as medidas de eficiência energética e operacional seriam de aproximadamente R\$ 166.233,00 anual.

PALAVRAS-CHAVE: Mercado Livre de Energia, Monitoramento, Insumos.

INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica e água está relacionada ao crescente aumento populacional, hábitos de consumo e necessidades tecnológicas o que caracteriza impactos ao meio ambiente e uma das principais causas das emissões antrópicas do CO₂ na atmosfera. Considerando o efeito deste aumento de consumo sobre os recursos naturais e ao meio ambiente, a utilização racional e eficiente para a manutenção a longo prazo destes insumos é primordial. Nas últimas décadas, principalmente após a crise do petróleo de 1973, observou-se o empenho mundial na redução do consumo de energia em todos os setores da sociedade (KRARTI, 2011). Para reduzir essas emissões sem prejudicar o desenvolvimento econômico, as principais estratégias são substituir os combustíveis fósseis por fontes não emissoras (ou renováveis) como as PCH's (Pequenas Centrais Hidrelétricas), eólica, solar e biomassa sustentável e tão importante quanto, a conservação de energia ou usar mais eficientemente todas as formas de energia empregada na atividade da empresa.

Segundo (ANBT NBR ISO 50001), um sistema de gestão da energia (SGE) para uma organização desenvolver e implementar uma política energética, estabelecer objetivos, metas e planos de ação que considerem requisitos legais e informações relativas ao uso significativo de energia, habilita uma organização a atender

sua política energética, tomar as devidas ações de melhoria de seu desempenho energético e confrontar os resultados obtidos com as metas estabelecidas.

MONITORAMENTO REMOTO

A automação na coleta de dados faz uso de tecnologias e sistemas automatizados para coletar informações de forma eficiente, precisa e sem intervenção humana direta. Esse processo envolve a utilização de dispositivos, sensores, softwares e redes de comunicação para coletar, armazenar e transmitir dados de forma automatizada. Os pontos-chave sobre a automação na coleta de dados se dá através:

Sensores e dispositivos de coleta: Os sensores são dispositivos eletrônicos que podem ser instalados em máquinas, equipamentos, ambientes ou até mesmo em seres vivos para coletar dados de diferentes variáveis, como temperatura, umidade, pressão, movimento, níveis de energia, entre outros. Esses sensores podem ser integrados a dispositivos de coleta, como leitores de código de barras, câmeras, leitores de RFID (identificação por radiofrequência) ou medidores eletrônicos.

Conectividade e redes de comunicação: A automação na coleta de dados envolve a utilização de redes de comunicação, como redes locais (LAN), redes sem fio (Wi-Fi) ou redes de sensores sem fio (WSN), para transmitir os dados coletados pelos sensores. Essa conectividade permite a transferência dos dados para sistemas de armazenamento ou processamento.

Armazenamento e gerenciamento de dados: Os dados coletados são armazenados em sistemas de armazenamento, como bancos de dados, data warehouses ou sistemas de gerenciamento de dados em nuvem. Esses sistemas permitem o armazenamento seguro e estruturado dos dados coletados, facilitando o acesso e a análise posterior.

Automação de processos: A coleta de dados automatizada pode estar integrada a sistemas e processos automatizados, permitindo que os dados coletados sejam utilizados para tomar decisões, acionar ações ou ajustar parâmetros automaticamente. Por exemplo, sensores de temperatura em um sistema de controle de climatização podem ajustar a temperatura automaticamente com base nos dados coletados.

Análise e visualização de dados: A automação na coleta de dados pode incluir o uso de algoritmos e técnicas de análise de dados para extrair insights e padrões relevantes dos dados coletados. Esses dados podem ser visualizados em painéis de controle, gráficos ou relatórios para facilitar a compreensão e tomada de decisões.

Integração com sistemas existentes: A automação na coleta de dados pode ser integrada a sistemas e infraestruturas já existentes em uma organização. Isso permite que os dados coletados sejam compartilhados com outros sistemas, como sistemas de gestão empresarial (ERP), sistemas de monitoramento ou sistemas de controle de processos.

Segurança e privacidade: A automação na coleta de dados requer atenção especial à segurança e privacidade dos dados. Medidas de segurança devem ser implementadas para proteger os dados coletados contra acesso não autorizado e garantir a conformidade com regulamentações de proteção de dados, como a GDPR (Regulamentação Geral de Proteção de Dados).

O monitoramento remoto é uma realidade que vem ganhando força com a evolução da tecnologia de fabricação de sensores, sistemas eletrônicos, automação e de comunicação, especialmente no desenvolvimento de protocolos para comunicação sem fio e infraestrutura de redes que apresentam um decréscimo nos custos de aquisição com o decorrer do tempo. O que pode ser destacado das Redes Inteligentes é a capacidade de monitorar e integrar os mais diversos sensores e sistemas (controle de iluminação, exaustão, climatização, consumo e distribuição, dentre outros), obtendo alta confiabilidade, previsibilidade, redução do tempo de resposta identificação de problemas e baixo custo de operação do sistema.

A distribuição de energia se dá através das instalações elétricas que por sua vez alimenta diversas cargas e equipamentos, e podem abranger uma área muito grande. E identificar falhas ou anomalias é fundamental para o bom funcionamento das atividades, bem como o controle orçamentário de forma mais ativa, ou seja, não ser surpreendido ao fim de cada mês com as faturas de água e energia elétrica, para isso, é necessária uma transformação significativa na forma de planejamento, operação e controle.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA

Muitas das atividades humanas atuais utilizam energia e a maior parte dessa energia provém da queima de combustíveis fósseis. No mundo, a principal fonte de geração de energia elétrica é o carvão. No transporte, a energia para movimentar os veículos vem, principalmente, da combustão de gasolina e óleo diesel e toda essa queima de combustíveis fósseis emitem grande quantidade de GEE para a atmosfera. No setor industrial, há

uma grande variedade de processos de produção, que abrem inúmeras possibilidades técnicas para a implantação de medidas de redução do consumo de energia e de emissões, especialmente através de projetos de eficiência energética e pelo emprego de fontes energéticas renováveis.

Para tal, o Mercado Livre de Energia é um ambiente de negócios, criado em 1995, onde vendedores e compradores podem negociar energia elétrica livremente entre si, observada a regulamentação do setor. Isso permite que empresas consumidoras industriais, comerciais e de serviços contratem o seu fornecimento de energia elétrica diretamente com empresas geradoras e comercializadoras.

As transações de compra e venda de energia no Mercado Livre são registradas e contabilizadas pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), entidade privada sem fins lucrativos e responsável por registrar as operações realizadas neste mercado.

Um consumidor do Mercado Livre de Energia tem vantagens diretas, como: amplo poder de escolha, maior competitividade, flexibilidade na negociação e previsibilidade de custos.

No Mercado Livre de Energia o consumidor negocia a quantidade de energia adequada ao perfil de consumo, o período de fornecimento, o preço, dentre outras flexibilidades. Em uma única negociação é possível assegurar a compra de energia no curto, médio e longo prazo, já tendo a previsão de quanto irá gastar com energia no período do contrato.

Com a adoção de energias renováveis através do Mercado Livre de Energia a Firjan SESI e a Firjan SENAI, além de reduzirem os custos com energia elétrica, ainda impactam positivamente na redução das emissões de GEE e permitem viabilizar novos projetos de energias renováveis, como PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas), fazendas solares, parques eólicos e usinas de biomassa em áreas distantes dos grandes centros urbanos, trazendo desenvolvimento e geração de riqueza a comunidades em seu entorno.

INSTITUIÇÃO EDUCACIONAL

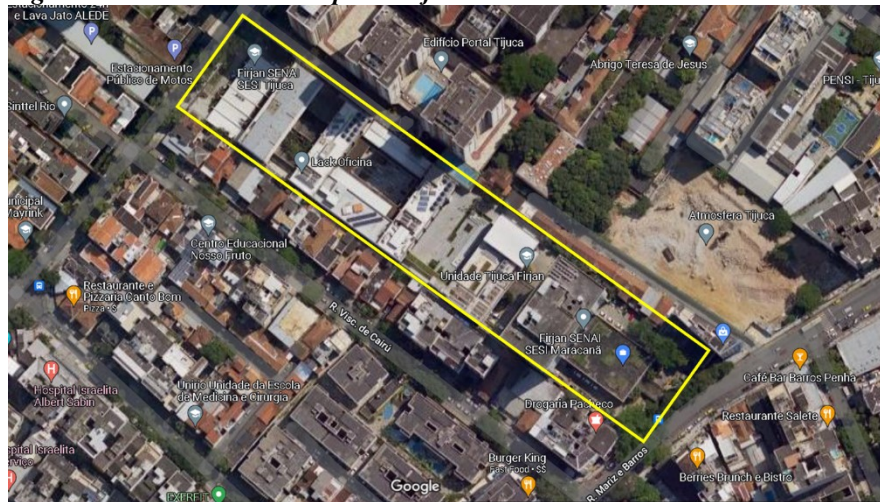
Assim como o Senai/Sesi Nacional tem uma Diretoria Nacional, em cada Estado existe uma Diretoria Regional, a quem cabe “planejar, estabelecer metas, desenvolver técnicas e métodos, fazer cumprir e avaliar.”

A Firjan SENAI/SESI nasceu em 1943, mas foi só em março de 1975 que o presidente do Conselho Nacional criou o Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro com seu respectivo Conselho. Foi uma fusão dos departamentos regionais do Senai/Sesi do Estado do Rio de Janeiro e da Guanabara

A Firjan SENAI/SESI possuem, portanto, autonomia administrativa, o que significa que não é obrigado a seguir todas as diretrizes do Sistema Senai/Sesi, podendo escolher as que têm mais afinidade com a realidade da economia fluminense.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, mostra a vista aérea do Complexo Tijuca, localizado no bairro da Tijuca na Cidade do Rio de Janeiro com área de aproximadamente 16.000m², abrange a FIRJAN SESI e FIRJAN SENAI, onde oferecem ensino fundamental, médio e técnico, bem como Instituto de Pesquisa (Instituto Senai de Tecnologia Química e Meio Ambiente), Centro de Referência em Alimentos, Bebidas e Panificação que atendem as necessidades das indústrias e da sociedade.

Figura I - Vista aérea do complexo Tijuca



O complexo Tijuca é abastecido por duas entradas independentes, tanto de água quanto de energia, fornecidos pelas Concessionárias locais “Águas do Rio” e “Light” pelas Rua Mariz e Barros e Rua Moraes e Silva.

Tendo em vista, que o complexo Tijuca abrange uma grande área com vários setores, o que requer a necessidade de realização do rateio entre os diversos centros de custos que o compõe. É neste cenário, que há a necessidade de implementação de sistemas automatizados para monitorar e mensurar os gastos com energia elétrica e água, além disso, corroboram para a tomada de medidas de eficiência e de conservação que reduzam o consumo destes insumos.

Os ensaios com conservação de água e energia se deram por iniciativa da Gerência de Engenharia (GEN), Divisão de Obra e Manutenção (DIOBM) da FIRJAN.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto financeiro da importância do monitoramento remoto e em tempo real do consumo de água e energia elétrica na FIRJAN Complexo Tijuca para identificação de possíveis distúrbios relacionados a utilização destes insumos e potenciais economias.

METODOLOGIA

Com o monitoramento da água e energia pode-se perceber possíveis problemas que possam danificar a instalação e equipamentos, e ao mesmo tempo buscar formas para diminuir de maneira consciente o consumo, visando a sustentabilidade das atividades afins. A melhor maneira de otimizar os recursos energéticos de uma instalação é através do monitoramento constante do consumo dos insumos utilizados.

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO

Com o advento da automação foi possível melhorar, acelerar e qualificar as atividades de uma organização. Pode-se considerar que a automação contribui para o consumo eficiente de energia, água ou outros insumos essenciais, pois permite mensurar o rendimento da utilização dos mesmos e para isso, faz-se necessário a busca por aperfeiçoamento e a introdução de novas tecnologias periféricas. O benefício da automação e do monitoramento, não somente na questão do consumo, mas também como fator impactante no custo operacional da Instituição.

O sistema de monitoramento remoto basicamente é composto por conversores de sinais, registradores e sensores, onde os sinais são condicionados e enviados via cabo de rede aos servidores do Complexo Tijuca. As **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, mostram o aparato de automação utilizado no sistema de monitoramento remoto.

Figura II - Hardware de automação localizado na subestação Rua Mariz e Barros



Figura III - Hardware de automação localizado no Bloco 1



Figura IV - Hardware de automação localizado na subestação Rua Moraes e Silva



DISTRIBUIÇÃO E MONITORAMENTO DE ÁGUA

O complexo Tijuca é abastecido por duas entradas independentes, fornecida pela Concessionária local “Águas do Rio” pelas Rua Mariz e Barros e Rua Moraes e Silva. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.,**

mostra o hidrômetro com saída pulsada, que é responsável por emitir pulsos elétricos, para cada volume de água registrada ao conversor de sinais.

Figura V – Hidrômetro com saída pulsada



O fluxo de distribuição de água no Complexo Tijuca pode ser observado nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, bem como, os pontos em que os sensores estão instalados.

Figura VI - Diagrama de fluxo do sistema de distribuição de água pela Rua Moraes e Silva
Rua Moraes e Silva

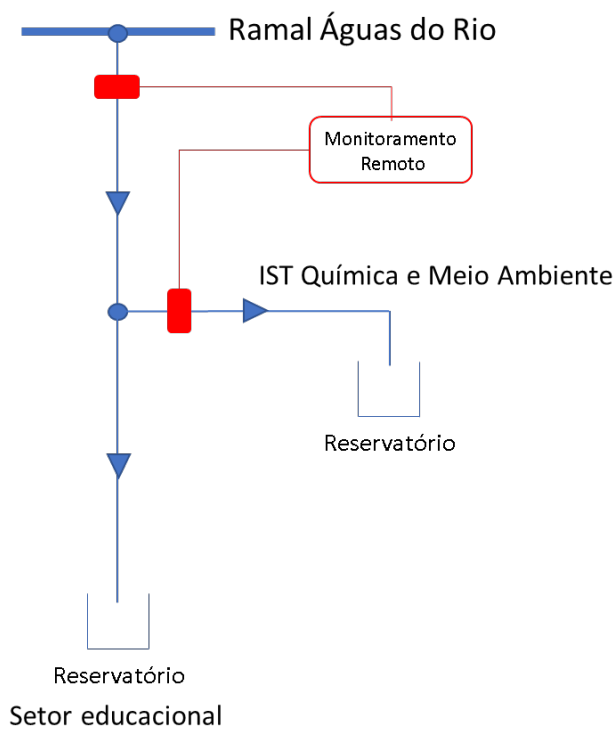
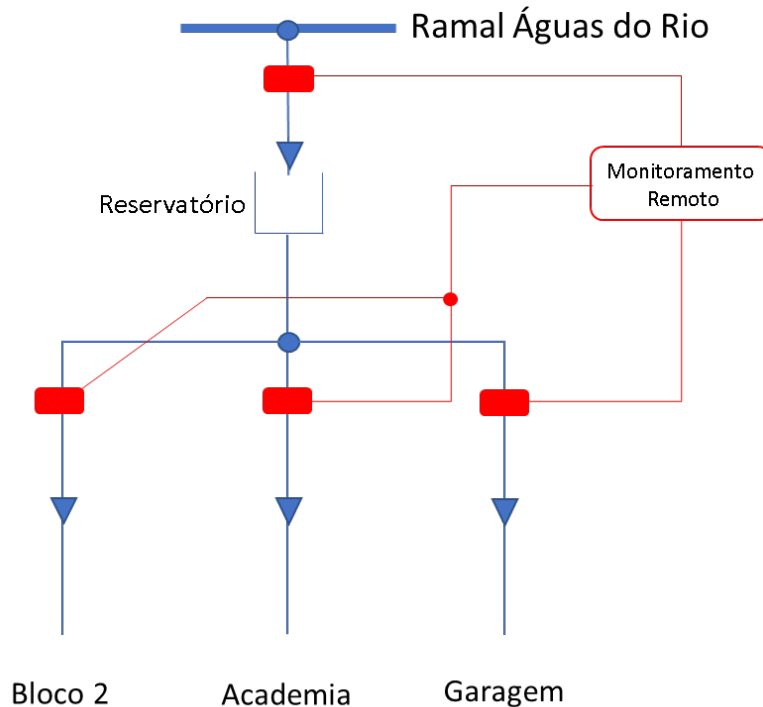


Figura VII - Diagrama de fluxo do sistema de distribuição de água pela Rua Mariz e Barros
Rua Mariz e Barros



DISTRIBUIÇÃO E MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A concessionária Light fornece energia ao Complexo Tijuca pelas Ruas Moraes e Silva e Mariz e Barros, que são alimentadas na média tensão de 13,8 kV. A medição e o faturamento são realizados na média tensão, que no caso da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o monitoramento remoto ocorre através da saída óptica do próprio medidor, enquanto, que a medição na baixa tensão ocorre nos QGBT 1 e QGBT 2, respectivamente.

No entanto, o monitoramento remoto de energia pela Rua Mariz e Barros se dá por meio de três cargas específicas, o Bloco 1 (edificação de escritórios de 10 pavimentos) que é alimentado exclusivamente na tensão de 220V-127V trifásico através do disjuntor de 2000A e as demais cargas, elevadores e climatização são monitorados separadamente nos disjuntores de 400A e 1000A, respectivamente, conforme podem ser observados nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura VIII - Diagrama do fluxo de distribuição da energia pela Rua Moraes e Silva

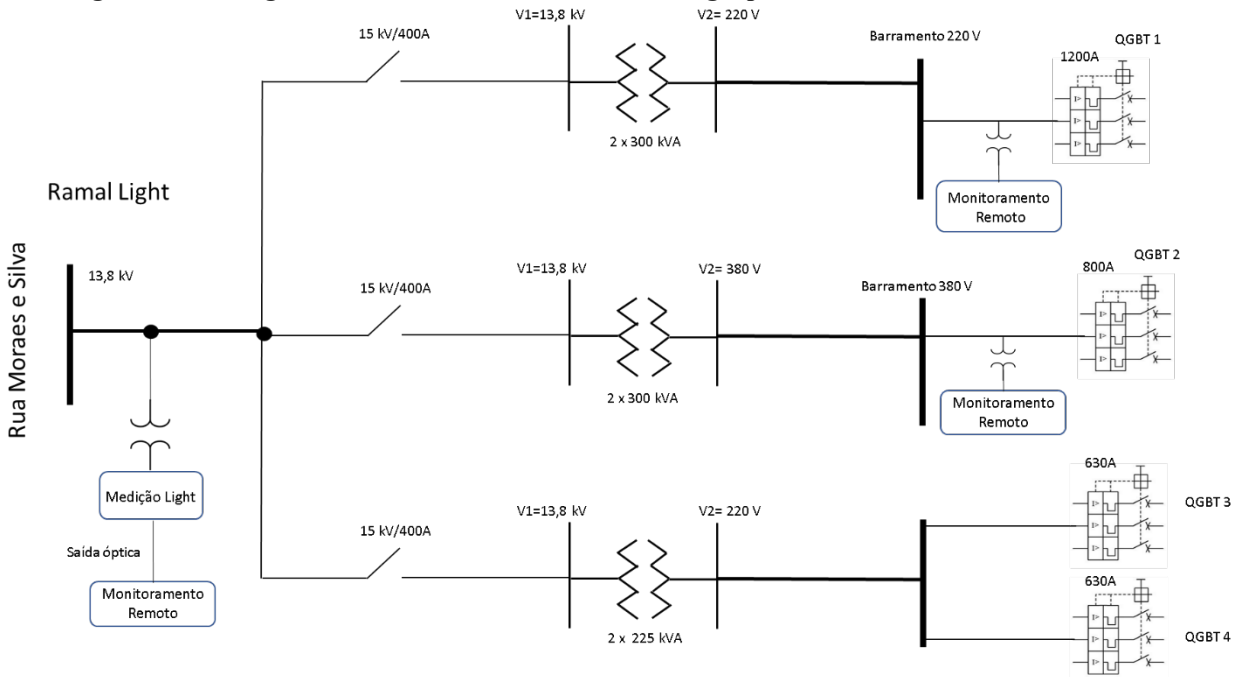
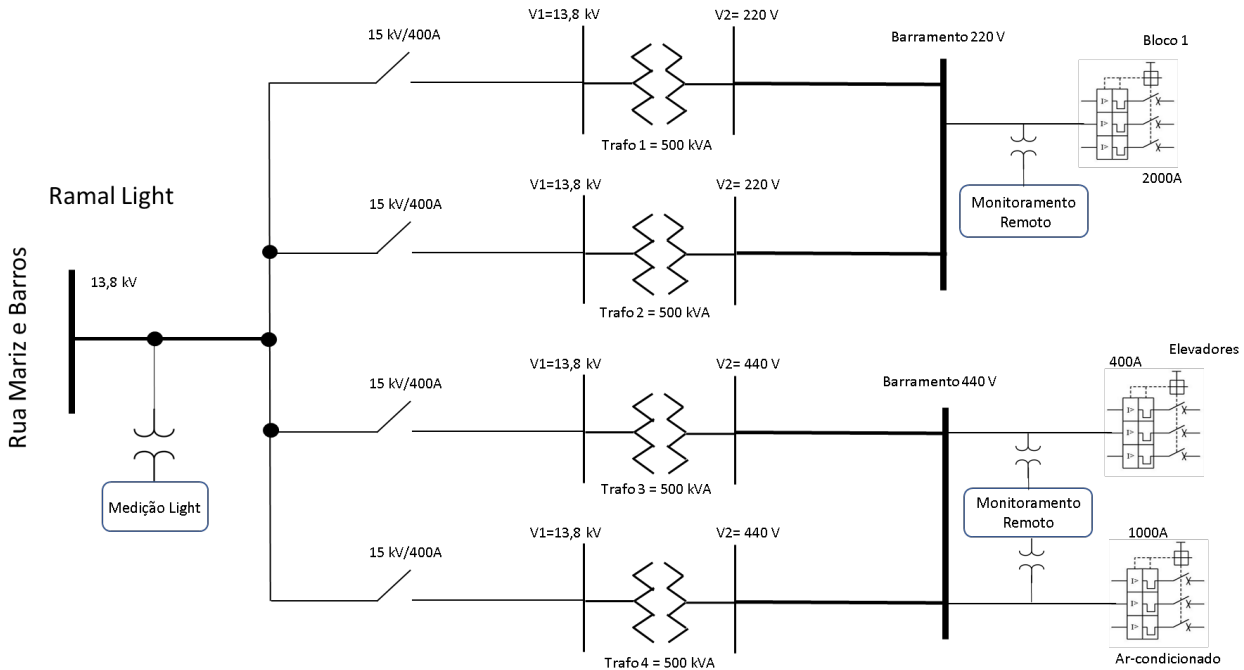


Figura IX - Diagrama do fluxo de distribuição da energia pela Rua Mariz e Barros



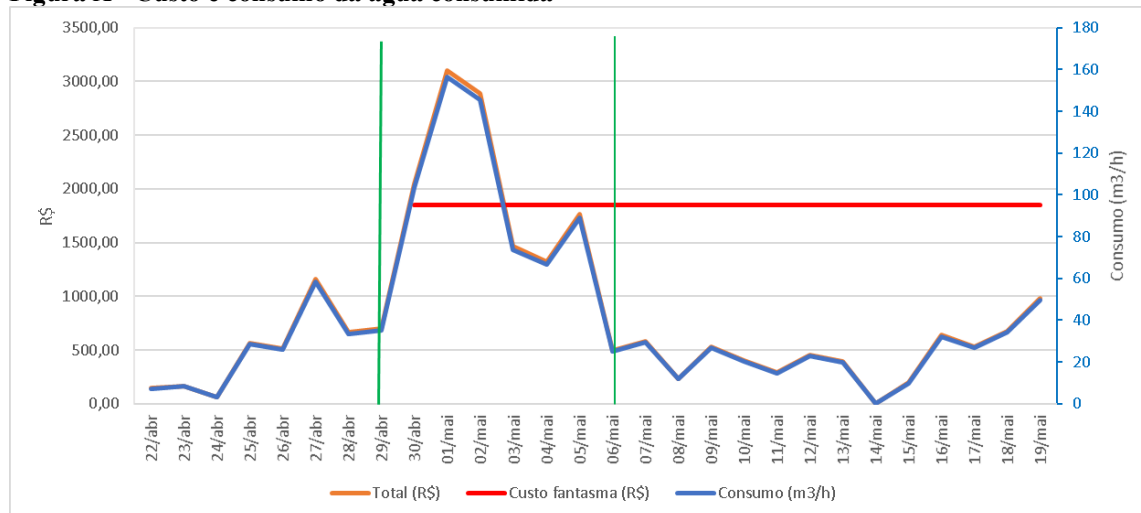
RESULTADOS

CONSUMO DE ÁGUA

Conforme pode ser observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, ocorreu um grande consumo no dia 29/04/22 (sexta-feira), sinalizada entre as linhas paralelas verdes, a partir do dia 02/05/22(segunda-feira) a equipe de manutenção realizou uma busca pelo vazamento que foi identificado no dia 04/05/22(quarta-feira) como sendo na CMI (Central de Monitoramento de Incêndio) em um trecho onde a tubulação está enterrada, de difícil acesso.

Cabe ressaltar, que o período de faturamento ocorreu no dia 28/04/22, ou seja, se não houvesse um sistema de monitoramento remoto, a evidência de vazamento seria notada 30 dias após o faturamento anterior, acarretando uma despesa financeira superior a R\$ 50.000,00 além do consumo habitual.

Figura X - Custo e consumo da água consumida



Além do custo atribuído ao consumo de água, há também, o custo de bombeamento que pode ser calculado levando em consideração diferentes fatores, como o consumo de energia da bomba, o preço da energia elétrica, a eficiência da bomba, a vazão e a altura manométrica.

Com o auxílio de um medidor de vazão ultrassônico de tempo de trânsito modelo TUF-2000H, que utilizam a diferença de tempo entre os pulsos ultrassônicos enviados em direções opostas ao longo do fluxo. O medidor emite pulsos em uma direção e mede o tempo que leva para o pulso percorrer a distância até o sensor receptor. Em seguida, o medidor envia pulsos na direção oposta e mede o tempo de trânsito nessa direção. Com base nas diferenças de tempo de trânsito, o medidor calcula a velocidade média do fluxo e determina a vazão volumétrica. As características do sistema de bombeamento são:

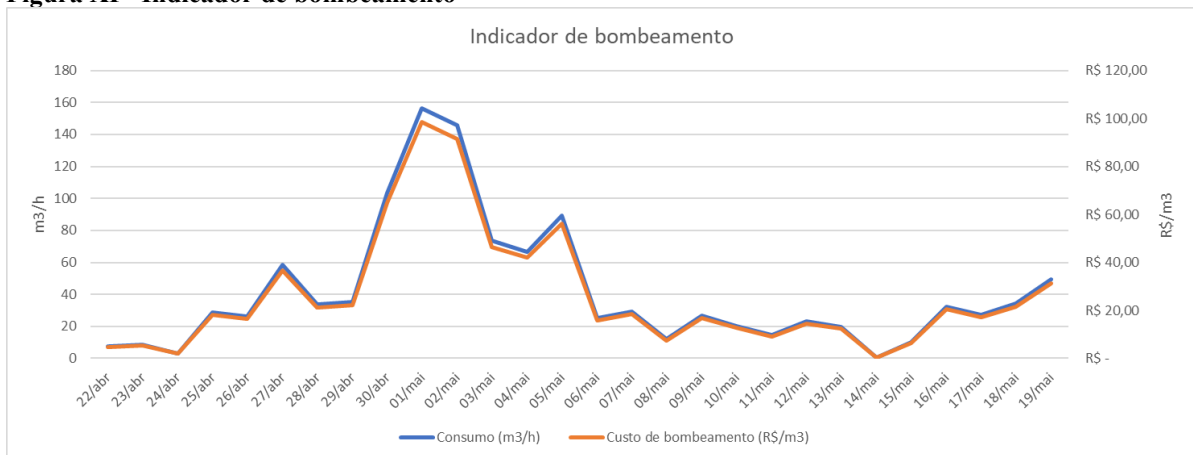
- altura manométrica do reservatório: 50 metros;
- características elétricas do motor 10 cv, 220V, 3Ø;
- tubulação de PVC de 60 mm externo e 52 mm interno;

A vazão volumétrica da bomba foi mensurada em 12,3 m³/h.

Os dados de consumo energético foram obtidos por meio do analisador de energia trifásico TES-3600 que contabilizou em 9,05 kWh.

Para compor o indicador energético da moto-bomba foi utilizado a vazão em m³/h e o consumo em kWh

Figura XI - Indicador de bombeamento



O custo com bombeamento foi de R\$ 0,63/m³, o que totalizou no período um valor de R\$ 729,29.

Consumo de energia elétrica com sistema de climatização

Em todo edifício de escritório há divergências entre os usuários em relação a temperatura de conforto, podendo variar até 8°C em determinadas condições, ou seja, alguns usuários preferem temperaturas mais baixas, enquanto, que outros temperaturas mais elevadas. Com isso, o sistema de climatização opera de maneira desequilibrada que muitas vezes prejudica seu funcionamento, apresentando vários códigos de erros e diminuindo a vida útil do equipamento.

Para corroborar com a problemática apresentada, foi realizado um teste na sala da Gerência de Engenharia (GEN) localizado no 7º andar do Bloco 1 (aproximadamente 350m²) onde são atendidos por 3 condensadoras, a fim de comprovar a relação do aumento da temperatura com a redução do consumo de energia.

Na Tabela I, pode -se observar que a temperatura de operação no sistema de climatização que atende a GEN, foi de 19°C com temperatura ambiente variando entre 27,19°C e 24,78°C e entre os dias 12/04 e 14/04 a temperatura de operação dos equipamentos de climatização foram parametrizados para 22°C com temperatura ambiente variando entre 26,98°C e 24,85°C. Nota-se, que a diferença de operação entre as duas condições gerou um economia de aproximadamente 24%, correspondendo a R\$ 79,25. Se replicarmos para as demais 50 condensadoras o custo evitado seria estimado em R\$ 1.320,83 em 3 dias e projetarmos para um ano de operação seria de R\$ 116.233,04.

Tabela I – Consumo do sistema de climatização em diferentes condições

Dias	Temperatura na evaporadora 19°C	Temperatura na evaporadora 22°C	Temperatura externa média (°C)
05/04	152,47 kWh	-	27,19
06/04	82,74 kWh	-	22,47
07/04	96,38 kWh	-	24,78
12/04	-	100,47	26,98
13/04	-	108,04	28,33
14/04	-	43,83	24,85
Total	331,59 kWh	252,34 kWh	

CONCLUSÃO

Os resultados dos diagnósticos energéticos realizados são bastante encorajadores, considerando que o ponto amostral seja pequeno em relação a amostra de todo o complexo.

A diminuição dessas perdas implica em um aumento da eficiência, gerando menor custo operacional e tornando a atividade mais sustentável.

Cabe ressaltar, que além do consumo direto de água, há a cobrança por parte igual de esgoto, bem como, a parcela de energia elétrica por m³ bombeado, pensando nisso, faz todo sentido a conservação destes dois insumos essenciais a atividade humana, que a cada dia está mais oneroso e escasso.

A gestão eficiente da energia elétrica no ambiente educacional pode ocorrer de diversas formas. Todavia, é pertinente ressaltar que tal trabalho deve ser desenvolvido para uma perspectiva integrada entre a gestão ambiental, estrutura organizacional, áreas de gestão de recursos humanos e engenharia.

A conservação de energia na instituição demanda tempo, reflexão e dedicação para que os esforços sejam direcionados para o foco correto. A criação de um corpo de elementos responsáveis pela implementação do plano de conservação deve ser realizada de modo em que exista plena integração entre os diversos setores da organização. Deve ser demonstrado de forma clara quais serão os objetivos e que aspectos terão de ser abordados pelo plano de conservação, para que então, seja possível a obtenção de uma maior aderência e menor resistência por parte dos colaboradores.

O sistema de monitoramento remoto do consumo de água e de energia é de suma importância para as métricas da conservação de energia, gerenciamento e controle, levando em consideração que a FIRJAN SESI e FIRJAN SENAI estão imersos em um contexto de energias renováveis operando no ACL (Ambiente de Contratação Livre de energia), faz-se ainda mais sentido a redução constante do uso de recursos naturais para as atividades de pesquisa e de educação, corroborando para a formação de cidadãos mais conscientes sobre seu papel na sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centrais Elétricas Brasileiras, FUPAI/EFFICIENTIA. Eficiência Energética no uso de Vapor. Rio de Janeiro. Eletrobrás, 2005.

EUROPEAN ENERGY MANAGEMENT – EUREM. Curso de Gestão de Projetos de Eficiência Energética. Rio de Janeiro. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. www.inmet.gov.br. Acessado em : Setembro 2015

UNIFEI,ELEKTRO,EXCEN,FUPAI. Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações. Campinas. 1º Edição. 2012.

ANA; FIESP; SINDUSCONSP. Manual de Conservação e Reuso da água em Edificações. Agência Nacional de Águas (ANA), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), Sindicato da Construção do Estado de São Paulo (SINDUSCONSP), 152 p., São Paulo, 2005.

SANTOS, Sergio T. Redes de Sensores sem Fio em Monitoramento e Controle. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ROCHA, Cauã Barneze; FERREIRA, Henrique Simião; HEROSO, Leandro Ferreira; ZALESKI, Rafael Henrique. *Sistema de monitoramento de consumo de água doméstico com a utilização de um hidrômetro digital.* Curitiba, Paraná, 2014.

CARLO, J. C. *Desenvolvimento de Metodologia de avaliação de eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais.* 2008. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

ALAJMI, A. Energy audit of an education Building in a hot summer climate Energy and Buildings, v34, pp.122-130, 2012.

ALVAREZ, A.L. Uso racional e eficiente da energia elétrica: Metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instituições de ensino e similares. Dissertação submetida para obtenção do título de Mestre em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1998.