



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Faculdade de Engenharia e Ciências  
Câmpus de Rosana

**MARIANA KAYASIMA**

**TELEGESTÃO E AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA – UM ESTUDO  
PARA A CIDADE DE ILHA SOLTEIRA**

Rosana - SP  
2024

**Mariana Kayasima**

**TELEGESTÃO E AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA – UM ESTUDO  
PARA A CIDADE DE ILHA SOLTEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenadoria de Curso de Engenharia de  
Energia da Faculdade de Engenharia e Ciências  
da Universidade Estadual Paulista, como parte  
dos requisitos para obtenção do diploma de  
Graduação em Engenharia de Energia.

Orientador(a): Prof. Dr. José Francisco Resende  
da Silva

Rosana - SP  
2024

K23t	<p>Kayasima, Mariana</p> <p>Telegestão e automação da iluminação pública : um estudo para a cidade de Ilha Solteira / Mariana Kayasima. -- Rosana, 2024</p> <p>42 p. : il., tabs.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana</p> <p>Orientador: José Francisco Resende da Silva</p> <p>1. Telegestão. 2. Automação. 3. Iluminação Pública. 4. LED. 5. Eficiência Energética. I. Título.</p>
------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus Experimental de Rosana

**MARIANA KAYASIMA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**“GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA”**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. RENIVALDO JOSÉ DOS  
SANTOS  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. JOSÉ FRANCISCO RESENDE DA SILVA  
Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. KLEBER ROCHA DE OLIVEIRA  
UNESP-Rosana

Prof. Dr. LETICIA SABO BOSCHI  
UNESP-Rosana

Julho 2024

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, Mônica e Wiliam por primeiramente me apoiar quando decidi estudar a 790 km de casa. Por me proporcionar uma excelente educação que me ajudou durante a graduação. Por sempre me incentivarem a ser melhor, seja na vida profissional quanto na pessoal. E por serem pais tão incríveis que estão sempre ao meu lado nos melhores e piores momentos.

Às minhas irmãs, Juliana e Giovana, por serem uma inspiração na minha vida e por estarem sempre torcendo pelas minhas conquistas.

Ao Dudu, meu companheiro de todas as horas, obrigada por me confortar e me proporcionar felicidade quando eu mais preciso.

À toda minha família, por todo o apoio e incentivo para conquistar meus sonhos e por todos os momentos descontraídos que me fizeram seguir em frente.

À todos os meus amigos que tive o prazer de conhecer em Rosana, principalmente a família 4 é par e agregados, por serem tudo que eu precisava durante os anos de graduação, por serem quem eu procurava quando precisava de apoio, por proporcionarem tanta felicidade e aprendizado, e por cada pequeno momento que vivemos juntos.

Agradeço por todos os instantes com essas pessoas especiais que me fizeram superar as fases difíceis e me tornaram quem eu sou hoje.

Por fim, agradeço a todos os professores pelos ensinamentos e em especial o Professor Resende principalmente por toda a paciência e tempo durante a execução deste trabalho.

“Nossas vidas são longas, confie em si mesmo quando estiver em um labirinto.”

BTS

## RESUMO

Na sociedade contemporânea, a demanda por energia tem crescido exponencialmente, o que ressalta a importância de adotar práticas sustentáveis para reduzir o consumo. Diante desse cenário, o presente estudo realizou uma pesquisa de cunho bibliográfico e exploratório com o intuito de melhorar o sistema de iluminação pública da cidade de Ilha Solteira com a substituição de lâmpadas convencionais para LED e o sistema de telegestão. O objetivo principal dessa iniciativa foi otimizar os custos operacionais, aprimorar os serviços públicos e elevar os níveis de segurança e qualidade de vida dos habitantes locais. Para alcançar tais metas, foram estabelecidos objetivos específicos que visam aperfeiçoar a eficiência da iluminação pública, promover melhorias na qualidade de vida dos residentes por meio da melhoria na iluminação, redução de despesas e aumento da disponibilidade do sistema. Além disso, analisou-se a viabilidade de redução de custos energéticos em períodos de baixa demanda, como após as 23:00 horas, bem como selecionar as tecnologias de comunicação mais adequadas e os dispositivos de telegestão mais eficientes. Adicionalmente, foi feita a análise das contas de energia elétrica de consumidores selecionados para entender o quanto em kW e em reais podem ser economizados com a migração para a tecnologia LED. Por fim, foi realizada a escolha da configuração ideal para o sistema de iluminação pública de Ilha Solteira. Em síntese, este estudo não apenas contribuiu para a sustentabilidade e eficiência energética, mas também resultou em um ambiente urbano mais seguro, moderno e agradável para os cidadãos locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telegestão. Automação. Iluminação pública. Eficiência energética.

## **ABSTRACT**

In contemporary society, the demand for energy has grown exponentially, underscoring the importance of adopting sustainable practices to reduce consumption. In this context, the present study conducted a bibliographic and exploratory research aimed at improving the public lighting system in the city of Ilha Solteira by replacing conventional bulbs with LED and implementing a remote management system. The main objective of this initiative was to optimize operational costs, enhance public services, and increase levels of safety and quality of life for local residents. To achieve these goals, specific objectives were established to improve the efficiency of public lighting, promote enhancements in residents' quality of life through improved lighting, reduce expenses, and increase system availability. Additionally, the study analyzed the feasibility of reducing energy costs during periods of low demand, such as after 11:00 PM, and identified the most suitable communication technologies and efficient remote management devices. Furthermore, an analysis of electricity bills from selected consumers was conducted to understand potential savings in kilowatts and monetary terms with the transition to LED technology. Finally, the optimal configuration for Ilha Solteira's public lighting system was chosen. In summary, this study not only contributed to sustainability and energy efficiency but also resulted in a safer, more modern, and enjoyable urban environment for local citizens.

**KEYWORDS:** Telegestion. Automation. Public lighting. Energy efficiency.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Smart City Praia Bela, Ceará, Brasil .....	17
Figura 2 – Smart City Praia Bela, Ceará, Brasil .....	17
Figura 3 – Smart Grid .....	18
Figura 4 – Iluminação Pública utilizando luminária LED alimentada pela rede da ..... distribuidora.....	21
Figura 5 – Luminária LED independente, com painel solar embutido .....	22
Figura 6 – Poste solar com luminária LED .....	22
Figura 7 – SIMUC (Unidade de Comando).....	26
Figura 8 – SIMCON (Concentrador) .....	26
Figura 9 – Arquitetura SIM.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de Consumidores IP de 2019 a 2022 (kWh).....	27
Tabela 2 – Valor total da conta do agrupamento dos consumidores IP de 2019 a 2021.....	28
Tabela 3 – Custo total estimado por kWh dos consumidores IP de 2019 a 2021(R\$/kWh).....	30
Tabela 4 – Percentual do consumo de energia elétrica de IP em relação ao consumo total (2021).....	31
Tabela 5 – Comparativo de Potências (Multivapor Metálico X LED).....	33
Tabela 6 – Viabilidade Econômica (16 anos).....	34
Tabela 7 – Resultados.....	35

## LISTA DE SÍMBOLOS

W	Watt
GW	Gigawatt
kWh	Quilowatt-hora
GWh	Gigawatt-hora
SSL	Solid State Lighting
LED	Light Emitting Diode
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RFID	Radio Frequency Identification
CCO	Centro de Controle de Operações
GEE	Gases de Efeito Estufa
PMI	Project Management Institute
NBR	Norma Brasileira
PPP	Parceria Público Privada
SIM	Sistema Integrado de Monitoramento
IP	Iluminação Pública
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TE	Tarifa de Energia
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
IL	Índice de Lucratividade

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.1	GERAL .....	14
2.2	ESPECÍFICO .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
3.1	ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	15
3.2	SMARTCITIES E SMARTGRIDS .....	16
3.3	TELEGESTÃO .....	18
<b>3.3.1</b>	<b>Benefícios da Telegestão.....</b>	<b>19</b>
3.4	ILUMINAÇÃO LED .....	20
<b>3.4.1</b>	<b>Luminárias LED alimentadas por rede de energia elétrica da concessionária.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Luminárias LED independentes, com abastecimento de energia por painel solar embutido.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Luminárias LED independentes, com utilização do poste solar .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
4.1	ESTUDO DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO .....	23
4.2	ESTUDO DE ALTERNATIVA AO PARQUE DE ILUMINAÇÃO.....	24
4.3	ESTUDO DE MODERNIZAÇÃO DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	24
4.4	VIABILIDADE ECONÔMICA E ENCERRAMENTO DO PROJETO .....	24
4.5	TELEGESTÃO .....	25
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A atual sociedade exige cada vez mais o uso da energia para diversas atividades cotidianas e necessidades essenciais da vida moderna. Residências, indústrias, transportes, comércio, saúde e lazer são algumas das principais áreas que demandam uma grande quantidade de energia. Na iluminação pública não é diferente, já que é de grande importância para uma gestão da segurança eficiente, o que gera o bem-estar e uma boa qualidade de vida.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica realizou um estudo em 2008, que indicou que a iluminação pública correspondia a 4,5% da demanda nacional e a 3,0% do consumo total do país, equivalente a 2,2 GW e a um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano (SCHULZ NETO, 2020).

Com a ascensão da sustentabilidade, há também o aumento da ideia do uso de recursos naturais de forma inteligente e com isso o crescimento da aplicação da eficiência energética, a qual contribui para a competitividade econômica, redução de impactos ambientais e para a segurança energética (Cristiane, 2016). Em função disso, existem diversas formas que diminuem o consumo de energia nas instalações de iluminação pública, como a redução do período ou abrangência da utilização das luzes, além de sua intensidade, bem como a substituição das lâmpadas tradicionais por fontes de luz de estado sólido (SSL) que é uma das maneiras de tornar o potencial de economia mais viável (LED, Energética de Luminárias, 2014). O LED (Light Emitting Diode), diodo emissor de luz, é uma das alternativas de SSL, antes apenas utilizado para mostrar o status de operação dos produtos eletrônicos, mas que recentemente está sendo utilizado para a iluminação de ambientes internos e externos (Ana Cristina Cota, 2012). Essa nova tecnologia emergente no mercado, contribui para uma redução de custos e minimização da poluição luminosa nas cidades, além de oferecer luz de qualidade superior e um alto desempenho visual, impulsionando a inovação nos setores de iluminação e construção. Os LEDs podem economizar até 70% da eletricidade convencional consumida quando integrados a sistemas de telegestão e comparado às com as instalações atuais, resulta em reduções significativas nos custos de energia e manutenção (LED, Energética de Luminárias, 2014).

Outra característica positiva das lâmpadas LED é que quando descartadas, têm um impacto ambiental menor, pois não possuem substâncias prejudiciais ao meio ambiente, além de serem construídas na sua maioria por alumínio, que pode ser reciclado com mais facilidade do que outros materiais (Leonardo Barbosa, 2014). Devido ao seu baixo índice de poluição, acrescido da elevada eficiência energética, essa tecnologia representa a “promessa verde”. Suas vantagens de menor consumo e maior durabilidade contribuem para a redução da demanda por

energia elétrica e, por conseguinte, para a necessidade menos premente de expansão das infraestruturas de geração de eletricidade, a qual, em sua maioria, acarreta algum dano ambiental durante sua construção e ou operação (Ilumatic S/A, 2019).

A iluminação LED consiste em um conjunto de LEDs emitindo luz de forma direcionada, facilitada por componentes ópticos integrados à luminária, como lentes e refletores, o que difere da concepção tradicional de iluminação que emite uma única fonte luminosa para todas as direções. O direcionamento do fluxo luminoso resulta em uma distribuição mais eficiente da luminosidade e diminuição da poluição luminosa, com isso, apesar de uma baixa saída de luz, é possível alcançar os mesmos níveis de iluminação que luminárias utilizando outras 11 variedades de lâmpadas. Adicionalmente, a luz branca produzida pelas luminárias LED causa uma sensação mais favorável ao olho humano em condições de baixa luminância, comumente encontradas em ambientes com iluminação pública (Anderson, 2019).

O estudo do sistema de telegestão e automação na iluminação pública evidencia a importância e os benefícios que a adoção desta tecnologia fornece, ajudando a reduzir os custos operacionais e aprimorar a qualidade dos serviços oferecidos à população, com o intuito de transformá-las em futuras cidades inteligentes.

Diante do exposto, o presente trabalho pretende melhorar o sistema de iluminação pública de Ilha Solteira com a substituição de luminárias convencionais para luminárias LED e o sistema de telegestão, reduzindo custos, melhorando a qualidade da iluminação e simplificando a gestão.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Este trabalho visa estudar a transição para o LED e o sistema de Telegestão e Automação na Iluminação Pública de Ilha Solteira. O objetivo geral é a redução de custos associados às operações do sistema de iluminação pública, bem como melhoramento dos serviços públicos, além de aumentar a disponibilidade do sistema, a segurança e a qualidade de vida dos moradores.

### 2.2. Específico

- I. Melhorar a eficiência dos serviços públicos, particularmente a iluminação pública.
- II. Melhorar a qualidade de vida dos residentes por meio de melhoria na qualidade de iluminação, redução de custos e maior disponibilidade do sistema.
- III. Possibilidade de diminuir custos de energia nos horários de pequena movimentação, como por exemplo, após às 23:00 h.
- IV. Análise e seleção das melhores tecnologias de comunicação.
- V. Análise e seleção dos melhores dispositivos de telegestão.
- VI. Seleção da melhor configuração para o sistema de Iluminação Pública de Ilha Solteira.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. Iluminação Pública

Antes da utilização de aparelhos de iluminação elétrica, eram utilizados lampiões a combustível. As primeiras lâmpadas elétricas foram instaladas em 1879 nos EUA, mais especificamente em Cleveland, contudo apenas no século XX foi confiável o funcionamento autônomo do sistema elétrico sem a necessidade de utilizar algum sistema.

Desde os anos 80, a iluminação pública se tornou um assunto muito discutido entre engenheiros de sistemas de potências no Brasil. Muitos já presumiam que haveria um aumento entre a grande diferença dos centros urbanos mais desenvolvidos e a periferia, devido à urbanização sem um planejamento apropriado. Como consequência da privatização das empresas de Distribuição de Energia nos anos 90, que não valorizaram o serviço de iluminação pública, resultando em cortes nos orçamentos de investimentos. Os sistemas de iluminação em todo o país foram gradativamente negligenciados, em desrespeito às Normas Técnicas com validade legal. Esta situação resultou em processos judiciais colocando em questionamento a responsabilidade das Distribuidoras em reparar os sistemas para as prefeituras receberem em boas condições (PINTO; KIRCHNER, 2016).

O principal objetivo da iluminação pública é promover visibilidade adequada para prevenir a segurança no tráfego de veículos e pedestres, de forma ágil, rigorosa e adequada, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Além disso, promover vantagens econômicas e sociais para a população, como redução de acidentes durante a noite, melhor qualidade de vida, apoio às atividades policiais, facilitação do fluxo do tráfego e promoção da eficiência energética (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA., 2012).

Baseado em um levantamento feito em 2008 pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) da ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) juntamente com as concessionárias de energia elétrica, a iluminação pública no Brasil, abrange cerca de 15 milhões de pontos de iluminação, com uma demanda de 2,2 GW, correspondendo a 4,5% da demanda nacional, e consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano, representando 3% do consumo total de energia elétrica do país.

Devido ao fato do serviço de iluminação pública não ser centralizado e sim de competência dos 5560 municípios brasileiros, há uma grande diferença de sistemas, tecnologias, alcances de cobertura e qualidade nos serviços fornecidos. Ao adotar tecnologias mais avançadas, a modernização das infraestruturas de iluminação pública proporciona uma



evolução na excelência do serviço e economia no consumo de energia elétrica, isso porque as novas tecnologias utilizadas permitem alcançar os mesmos níveis de iluminação com menores potências (Lourenço Lustosa Fróes, 2006).

### 3.2. Smart Cities e Smart Grids

Ao longo da história, desafios relacionados à sociedade, organização urbana e consequências ambientais sempre estiveram presentes nas cidades. A cidade inteligente (smart city), como exemplificado nas Figuras 1 e 2, é um tópico muito abordado na atualidade, caracterizado por utilizar novas tecnologias para melhorar a eficiência dos serviços urbanos, da qualidade de vida dos habitantes e desenvolver uma mudança na maneira como os cidadãos interagem com as autoridades locais, empresas e outros membros da comunidade simplificando o modo de vida. Uma variedade de fontes de dados interage para resolver esses desafios, incluindo sensores implantados em ambientes públicos e sistemas avançados de previsão de acontecimentos, utilizando a inteligência artificial (NICOS KOMNINOS, 2014) IEEE INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS MAGAZINE, 2019).

As possibilidades de aplicação no contexto das Smart Cities são diversas, abrangendo setores da sociedade, incluindo demandas como saneamento básico, trânsito, iluminação pública, abastecimento de energia elétrica, gestão de água, processos industriais, monitoramento climático, construção civil, entre outras áreas. O principal atributo de uma Smart City é a conectividade, compartilhamento de informações e a aplicação de inteligência em ambientes urbanos. De maneira análoga ao conceito de cidades inteligentes, quando voltado para o setor elétrico, foi criada a “Smart Grid”, especificamente para as redes elétricas (IEEE INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS MAGAZINE, 2019). A Rede Inteligente (Smart Grid), ilustrado na Figura 3, tem a capacidade de comunicação bidirecional ou de duas vias, que permite a troca de informações e energia entre o consumidor e a rede. O que traz mais confiabilidade e segurança do sistema e permite que os usuários tomem decisões com base em seu consumo de energia, tendo como resultado uma ampla implementação de estratégias de controle de carga e programas de gerenciamento da demanda. Dentre as características das Smart Grids, estão o monitoramento remoto e contínuo, a detecção de fraudes elétricas, a automação da distribuição, a identificação de falhas, a otimização, a integração e a garantia da segurança no fluxo de energia, desde os geradores até os dispositivos utilizados pelos usuários finais, o que resulta em economia de energia e maior eficiência, tanto para fins de energia quanto de estrutura. Ademais, as redes inteligentes estão cada vez mais sendo utilizadas na iluminação pública devido ao avanço da tecnologia LED (USMAN; SHAMI, 2013) (BILGIN; GUNGOR, 2012).

As futuras gerações de redes inteligentes dependerão de uma intrincada rede de computadores, softwares e tecnologias de comunicação avançadas, como sistemas de medição e integração de recursos de geração distribuída. Como consequência do aumento de inteligência das redes de iluminação, haverá uma interligação mais eficiente com outros sistemas urbanos, tais como infraestrutura e mobilidade, contribuindo para a geração, distribuição, controle e consumo de energia. Além disso, a infraestrutura de iluminação poderá proporcionar um suporte de comunicação sem fio que abrange toda a cidade, complementando as redes de comunicação com os cidadãos locais (BOU-HARB E., 2013) (European Commission, 2013).

**Figura 1:** Smart City Praia Bela, Ceará, Brasil



Fonte: Planet Smart City, 2024.

**Figura 2:** Smart City Praia Bela, Ceará, Brasil



Fonte: Planet Smart City, 2024.

**Figura 3:** Smart Grid



**Fonte:** Autossustentável, 2024.

### 3.3. Telegestão

É comum deparar-se com situações em que lâmpadas permanecem acesas durante o dia ou apagadas durante a noite. Isso acontece pelo fato da gestão da iluminação pública ser descentralizada e como não há um controle e monitoramento contínuo, fica a cargo dos cidadãos a detecção de um ponto que necessita de manutenção e entram em contato com o departamento responsável para o concerto da situação. Esse processo gera uma reclamação formal seguida de um pedido para enviar uma equipe ao local e fazer os reparos necessários. Em algumas cidades, existem equipes que patrulham durante o dia e noite em busca de pontos de iluminação com defeito (Marcus Vinícius Silva, 2014).

A telegestão é uma técnica de controle remoto que opera à distância, em sistemas mais avançados, são utilizadas tecnologias abertas e conexão à Internet, o que viabiliza o gerenciamento da iluminação e de áreas de iluminação por meio de aplicativos da Web. Essa tecnologia sem fio, facilita monitorar, controlar, medir e administrar os sistemas de iluminação, ocasionando em uma melhor credibilidade e preservação. O dispositivo pode acionar e confirmar a execução de comandos a qualquer momento e tem a capacidade de armazenar mensagens no caso de desconexão da rede e transmiti-las assim que a conexão é restabelecida. Além disso, informações como o status de operação, consumo energético e eventuais falhas, juntamente com a data, horário e coordenadas geográficas, são registradas em um banco de dados acessível remotamente pelos responsáveis pela iluminação pública. O sistema de

telegestão garante maior precisão na configuração da intensidade luminosa, proporcionando uma melhoria na confiabilidade e redução de custos operacionais (LED, Energética de Luminárias, 2014) (CAMPOS, 2014).

A combinação de diferentes tipos de sensores sem fio e a distribuição de inteligência dentro do sistema de iluminação, permite novas aplicações. Os sensores podem oferecer informações sobre a intensidade de iluminação ideal, monitoramento de ocupação, temperatura, gestão de energia, disponibilidade de luz natural e até mesmo a detecção de etiquetas de identificação por radiofrequência (Radio Frequency Identification - RFID), que é uma forma de identificação automática utilizando sinais de rádio, ademais, os sensores coletam e armazenam dados remotamente (ZIEGLER, 2013).

O sistema de telegestão é composto pelo controlador, o gateway/concentrador, os softwares de gerenciamento e o dispositivo móvel de operação. O controlador é o aparelho instalado nas luminárias responsável por administrar seu desempenho através de sensores que enviam mensagens sobre o estado da iluminação e recebe comandos de programação e execução, além de ser capaz de medir e comunicar dados relacionados ao consumo de energia de cada sistema de iluminação. O gateway/concentrador é responsável pela gestão de outros dispositivos interconectados na rede, pela comunicação com o sistema de processamento e administração das informações provenientes da rede que estão armazenadas em servidores distantes. Os softwares de gestão proporcionam a execução e fiscalização do sistema de telegestão e controle de todos os dispositivos integrados na rede via CCO (Centro de Controle de Operações), através de conexão Web, ou também, por meio de dispositivos móveis, como Smartphones, Tabletes e assistentes pessoais digitais. O dispositivo móvel de operação é um aparelho portátil que permite a operação direta de dispositivos conectados à rede, que pode ser usado como uma alternativa de contingência caso ocorra uma interrupção no gerenciador da rede (CLDC, 2005) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

A gestão remota é uma solução proporcionada pelo sistema de telegestão e telemetria nos parques de iluminação pública, resultando em uma notável melhora na eficácia e administração dos serviços oferecidos pelas prefeituras, reduzindo os custos e amplificando a segurança dos moradores (Smartgreen, 2024).

### **3.3.1 Benefícios da Telegestão**

Existem diversos benefícios para o meio ambiente e para a sociedade gerados pelos sistemas de telegestão, destacando-se a diminuição na emissão de gases de efeito estufa (GEE), maior confiabilidade e segurança, melhor manutenção com menor custo, menor

consumo de combustíveis fósseis alinhado à redução das emissões de CO<sub>2</sub> e GEE e melhor desenvolvimento da “imagem verde” da região, atraindo novas empresas, investidores e residentes (LED, Energética de Luminárias, 2014).

Adicionalmente, os sistemas de iluminação inteligentes podem acrescentar na conservação de energia por meio da identificação das demandas de iluminação, como por exemplo, na diminuição ou aumento do nível de luminosidade do ambiente para alcançar o fornecimento ideal dependendo da presença de pessoas no cômodo. Esses sistemas apresentam valores competitivos já que, diminuí os custos relacionados a essas soluções inteligentes, combinados com os interesses de pesquisa e desenvolvimento voltados para a redução de preços, a fim de facilitar sua adoção ampla no mercado (CAMPOS, 2014) (GIELEN, 2011).

### 3.4. Iluminação LED

O LED possui uma eficiência na conversão de energia elétrica em luz consideravelmente superior à das tecnologias anteriores, como lâmpadas de vapor de sódio, mercúrio e incandescentes. Nos últimos anos, o uso das luminárias LED está sendo enfatizado cada vez mais pelos principais fabricantes internacionais como parte de uma infraestrutura digital distribuída pelas cidades, deixando de ser utilizados apenas para sinalização, comunicação visual e para fins decorativos, geralmente focados na intensidade de luz. E agora, devido aos altos níveis de fluxo luminoso e a sua notável eficiência luminosa, são empregados como fontes de luz em luminárias tanto para iluminação geral quanto para realce (PINTO; KIRCHNER, 2016).

A durabilidade excepcional, a mínima necessidade de manutenção, os altos níveis de eficiência energética, a produção de luz direta, a excelente capacidade de reprodução de cores, a resistência e ausência de vibração e a não emissão de raios ultravioletas e infravermelhos, são algumas das vantagens que existem na utilização da iluminação LED. Além disso, estes desempenham um grande papel na redução da poluição luminosa (HOLES, 2014).

O crescimento da pesquisa e desenvolvimento das luminárias LED indicam um gradativo interesse na implementação de sistemas de iluminação pública inteligente, motivados pelos benefícios operacionais oferecidos pela telegestão, como a amplificação da potência, automação da manutenção e medição. Isso, por sua vez, leva à integração de luminárias LED com sistemas de monitoramento como câmeras e sensores de movimento. Além do mais, criam-se oportunidades para desenvolver diversos serviços adicionais devido à capacidade de processamento e comunicação incorporada nas luminárias. Dentro de uma luminária LED, observa-se que a maior parte de seus componentes possuem um valor agregado relativamente

baixo, mesmo levando em consideração o aspecto de design, o que inclui lâmpadas, lentes e espelhos que compõem a câmara de conversão de luz e sistemas com microchips embarcados responsáveis pelo processamento, telegestão e controle do fornecimento da fonte de luz. Grande parte desses componentes podem ser projetados e fabricados no país, com exceção dos diodos LED, beneficiando a existente competência na gestão de projetos tecnológicos semelhantes dentro da cadeia produtiva local (PINTO; KIRCHENER, 2016).

#### **3.4.1. Luminárias LED alimentadas por rede de energia elétrica da concessionária**

Essas luminárias são as mais utilizadas para essa finalidade, já que representam uma tecnologia consolidada no mercado que tem visto um aumento constante em sua utilização nos últimos anos. Essas luminárias são projetadas para serem montadas nos braços dos postes de iluminação pública e conectadas à rede elétrica fornecida pela concessionária, ver Figura 4. É importante observar que alguns produtos de iluminação LED podem variar em termos de custo e desempenho luminoso, isso abrange aspectos como temperatura da cor, eficiência energética, durabilidade e a distribuição da luz que produzem (GIBBONS Ronald B., 2015).

Uma luminária LED possui uma expectativa de vida de 70.000 horas e economiza tempo e dinheiro no sistema de iluminação, já que não necessita de manutenção dos componentes elétricos.

**Figura 4:** Iluminação Pública utilizando luminária LED alimentada pela rede da distribuidora.



**Fonte:** Yes Certificações, 2023.

#### **3.4.2. Luminárias LED independentes, com abastecimentos de energia por painel solar embutido**

Este modelo, ilustrado na Figura 5, apesar de já ser objeto de estudo por um certo tempo,

é bem mais atual do que o anterior, assim, não está difundida no mercado tanto quanto a tecnologia anterior.

Este sistema envolve a produção de eletricidade através de uma placa fotovoltaica, que coleta a luz solar e a converte em energia elétrica. Essa energia é então direcionada para uma bateria recarregável, armazena-a e assim, mesmo quando não houver incidência de luz solar ou durante a noite, possibilita que a luminária continue a emitir luz (EcoSoli, 2020).

**Figura 5:** Luminária LED independente, com painel solar embutido.



**Fonte:** EcoSoli, 2024.

### 3.4.3. Luminárias LED independentes, com utilização do poste solar

Esta tecnologia caminha junto com a anterior e tem a mesma ideia de geração, entretanto sua montagem é diferente, ver Figura 6.

Este modelo, diferentemente do anterior, consiste em um poste que possui um painel fotovoltaico em seu topo, que é responsável pela geração de energia. Este poste solar LED não necessita de fiação elétrica e economiza na conta de luz (EcoSoli, 2020).

**Figura 6:** Poste solar com luminária LED



**Fonte:** EcoSoli, 2024.

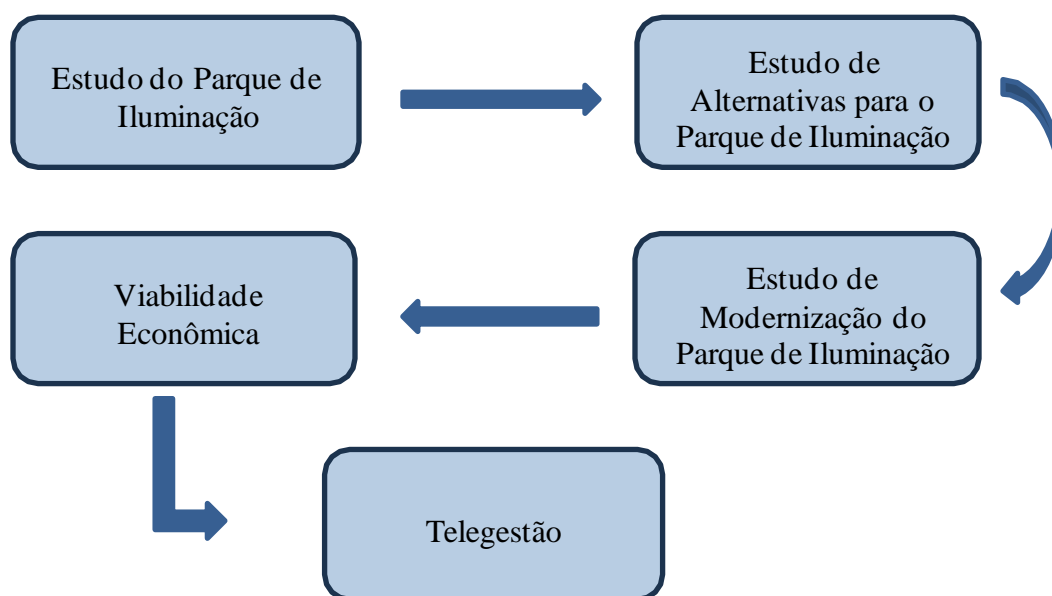
#### 4. METODOLOGIA

A sustentabilidade vem sendo um compromisso contínuo a ser tratado pelo município de Ilha Solteira, que está ligado à existência de um empreendimento considerado um dos mais sustentáveis na geração de energia, a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. A segurança e qualidade da vida noturna em uma cidade é moldada pelas condições da iluminação pública. Uma iluminação inadequada pode aumentar a criminalidade, gerar insegurança e consequentemente diminuir o interesse dos moradores em participar de atividades noturnas.

Existem muitas preocupações relacionados à segurança pública, aos impactos ao meio ambiente e ao alto custo da energia elétrica que levam os municípios a buscarem alternativas para minimizar tais dificuldades. Assim, a sustentabilidade, a economia, a manutenção, a segurança, a durabilidade e controle de qualidade são fatores que devem ser considerados para um planejamento eficaz de um sistema de iluminação pública.

O uso da tecnologia LED nas luminárias, juntamente com a modernização da iluminação pública, pode ser relacionado à telegestão no contexto da eficiência na gestão de energia e manutenção. A telegestão permite monitorar e controlar remotamente as luminárias, ajustando sua intensidade luminosa, horários de funcionamento, e identificando falhas rapidamente. Isso contribui não apenas para a economia de energia e para a segurança da cidade, mas também para a otimização dos recursos e a sustentabilidade no gerenciamento da iluminação pública.

A seguir será apresentado estudos feitos para este trabalho de acordo com o fluxograma abaixo:



##### 4.1. Estudo do Parque de Iluminação

Alguns pontos foram considerados para o estudo:



- Levantamento do parque de iluminação do ano de 2021;
- Levantamento amostral e avaliação da qualidade de iluminação do parque, de acordo com a norma NBR 5101:2018, que teve como objetivo justificar a necessidade de modernização do parque;
  - Análise de exatidão e conteúdo dos dados existentes;
  - Análise dos interesses, demandas, prioridades, expansões e diretivas da prefeitura quanto à iluminação pública;
  - Avaliação de outros planos urbanos para compreender os fatores urbanos que afetam direta e indiretamente as necessidades de iluminação pública.

#### 4.2. Estudo de Alternativas para o Parque de Iluminação

O estudo de alternativas de iluminação LED para substituir as luminárias existentes incluiu a análise prévia da qualidade de instalação de iluminação, a análise com instalação de luminária LED em substituição por potência indicativa da existente e análise com instalação de luminária com padrão luminotécnico atendido para a via, de acordo com a norma NBR 5101:2018. Além disso, foi feito o estudo sobre a substituição das luminárias usadas por luminárias LED com abastecimento de energia por painel solar e bateria. Nesta etapa, todos os estudos apresentaram um estudo de viabilidade econômica e pelo menos uma alternativa de Parceria Público Privada (PPP) para atender a demanda, o que permitiu comparar os projetos e os investimentos diretos pela Prefeitura e o modelo de PPP proposto.

#### 4.3. Estudo de Modernização do Parque de Iluminação Pública

Nesta etapa, alguns cenários foram levados em consideração, como a modernização do parque por iluminação LED abastecida por painel solar e bateria apenas por substituição por potência equivalente ou com atendimento luminotécnico, seguindo a norma NBR 5101:2018.

Os estudos apresentaram uma análise de implantação parcial, indicando os principais locais a serem atendidos por ordem de prioridade, perante orientação e atendimento às demandas da prefeitura municipal.

#### 4.4. Viabilidade Econômica e Encerramento do Projeto

Nesta etapa, foram feitas algumas análises de viabilidade econômica para as alternativas selecionadas na substituição do parque de iluminação e ocorreu a entrega do documento técnico final juntamente com o projeto orientativo para o suporte ao processo de licitação e uma reunião de encerramento dos trabalhos.

#### 4.5. Telegestão

Para o sistema de Telegestão e Automação, foi escolhido o Sistema Integrado de Monitoramento (SIM Telegestão) da KDL Tecnologia em Iluminação. Esta inovação possibilita a supervisão do sistema de iluminação pública pelo órgão responsável de maneira eficaz, com a capacidade de programar o acionamento e desligamento das lâmpadas, fazer os ajustes da intensidade da luz e, se necessário, o sistema identifica precisamente um problema técnico e comunica a central de monitoramento da rede. Além disso, é possível realizar medições individuais de corrente, consumo e tensão para cada luminária, o que permite uma abertura de ordens de serviços para que as equipes técnicas se desloquem com rapidez até o local que requer atenção. As ordens de serviços indicam qual procedimento dever ser realizado e quais materiais precisam ser substituídos ou ajustados. Dessa forma, a cidade experimenta melhorias significativas em eficiência e qualidade no serviço de iluminação da rede pública, já que resulta em uma economia para os recursos municipais.

Existem diversos benefícios para o uso desse sistema, como, redução do consumo de energia elétrica, redução do tempo de atendimento e custos de manutenção, automatização da tomada de decisões por meio de alarmes, relatórios e mensagens, segurança, escalabilidade e confiabilidade nas comunicações e aumento da vida útil das luminárias.

O SIM é composto por unidade de comando SIMUC, ilustrado na Figura 7, unidade de concentradores SIMCON, ilustrado na Figura 8, e Software de Gestão.

O SIMUC é uma unidade autônoma de monitoramento projetada para substituir os sistemas fotoelétricos convencionais por soluções mais inteligentes. Essa unidade se integra a sistemas interativos com lâmpadas e outros circuitos elétricos, permitindo a troca de informações essenciais para um controle eficiente dos circuitos de iluminação. Suas funções principais são semelhantes às de um relé fotoelétrico, mas desempenha funções adicionais, como medição, monitoramento e controle, ele deve fazer parte de um conjunto específico de hardware e software de gestão. Com o SIMUC e seus componentes é possível monitorar lâmpadas em um local ou cidade, permitindo controle preciso de consumo, acionamento, manutenção e eficiência. Ele realiza medições de gastos, facilitando manobras de iluminação e controle de equipamentos elétricos, além de ser capaz de detectar falhas no fornecimento de energia e problemas na rede de iluminação. O SIMUC opera no controle tanto de luminárias convencionais quanto de LED, possibilitando comandos individuais ou em grupo. Integrado a um sistema abrangente de gestão, que inclui desde o georreferenciamento até o controle de dados via internet para monitoramento da rede de iluminação, distribuição, medição e outras

funcionalidades, o SIMUC desempenha um papel crucial no controle da manutenção e até na gestão da frota de veículos.

**Figura 7:** SIMUC – Unidade de Comando.



**Fonte:** KDL Iluminação, 2024.

**Figura 8:** SIMCON – Concentrador.



**Fonte:** KDL Iluminação, 2024.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste estudo foram levantados dados específicos das contas de energia elétrica da categoria IP de janeiro de 2019 até dezembro de 2020. A partir de janeiro de 2021 os dados foram consolidados, representando os valores reais de todos os consumidores IP. Essas informações são necessárias para estimar o impacto no consumo (em kWh) e nos gastos (em R\$), considerando a possível substituição do parque convencional de iluminação pública por LED. Nesta pesquisa os dados foram baseados nos Demonstrativos Financeiros da Prefeitura Municipal de Ilha Solteira. Foram identificados 101 consumidores IP, classificados com B4A, onde a maioria são valores inferiores a R\$500,00. Nessa base de dados foram separados 10 consumidores IP com valor de conta de energia elétrica superior a R\$1.100,00 no Demonstrativo de Ag/2019. A soma total dos gastos e consumo desses consumidores representam aproximadamente 80% do valor total da conta específica associada à categoria IP. Com base nisso, pode-se realizar uma estimativa dos valores consolidados representados na Tabela 1 e Tabela 2.

**Tabela 1:** Consumo de Consumidores IP de 2019 a 2022 (kWh)

Mês	2022	2021	2020	2019
Dez	-	387.783	378.436	362.896
Nov	-	380.499	363.816	357.447
Out	-	390.140	391.984	390.642
Set	-	400.457	376.332	389.079
Agosto	-	395.091	361.299	389.854
Julho	-	402.480	427.793	369.493
Junho	-	390.959	374.808	349.329
Mai	-	381.573	354.441	378.267
Abril	-	373.399	373.839	350.182
Março	-	371.746	381.340	347.206
Fev	346.983	333.885	360.417	362.423
Jan	363.068	392.709	368.531	333.711
Total Ano	710.051	4.600.721	4.513.035	4.380.528
Média mensal	355.026	373.353	376.086	365.044

**Fonte:** Demonstrativo Elektro e contas de energia elétrica

Os dados fornecidos permitem uma análise detalhada do consumo de energia elétrica dos consumidores da categoria IP ao longo de vários anos. Aqui estão algumas observações e insights com base nos dados apresentados. Observou-se que houve um aumento constante no consumo de energia elétrica dos consumidores IP ao longo dos anos, conforme observado na

média mensal de consumo. Nota-se que em 2021 houve um pico significativo no consumo, atingindo 4.600.721 kWh no total anual, comparado a anos anteriores.

Existe uma variação mensal no consumo de energia elétrica, indicando possíveis padrões sazonais ou fatores externos que influenciam o consumo, como condições climáticas ou demanda sazonal. Os dados sugerem que a maioria dos consumidores IP tem contas de energia elétrica inferiores a R\$500,00, com uma ressalva para os 10 consumidores que possuem contas superiores a R\$1.100,00 em agosto de 2019. Esses 10 consumidores representam aproximadamente 80% do valor total da conta específica associada à categoria IP.

Considerando a possível substituição do parque convencional de iluminação pública por LED, esses dados são cruciais para estimar o impacto no consumo de kWh e nos gastos financeiros dos consumidores IP. A eficiência energética dos LEDs pode reduzir o consumo total de energia e, conseqüentemente, os gastos associados. Portanto, com base nos dados históricos fornecidos, é possível realizar projeções e estimativas para os anos seguintes, considerando a substituição por LED. Isso pode fornecer insights valiosos para planejamento orçamentário e estratégias de eficiência energética.

Diante disso, os dados fornecidos abrem a oportunidade para uma análise mais aprofundada do consumo de energia elétrica dos consumidores da categoria IP, permitindo avaliar o impacto potencial da transição para a iluminação pública LED e realizar projeções para o futuro com base em tendências e padrões.

**Tabela 2:** Valor total da conta do agrupamento dos consumidores IP de 2019 a 2021(R\$)

Mês	2022	2021	2020	2019
Dez	-	215.083,56	176.583,29	145.710,67
Nov	-	223.393,62	146.519,57	157.131,26
Out	-	227.952,69	157.014,57	157.828,02
Set	-	233.026,42	150.554,96	169.204,41
Agosto	-	197.201,65	142.736,82	189.844,90
Julho	-	198.982,84	164.931,40	166.113,25
Junho	-	178.809,71	138.217,53	151.802,29
Mai	-	171.475,33	136.917,89	165.648,05
Abril	-	153.234,47	135.124,33	149.434,64
Março	-	154.116,24	152.777,54	154.809,81
Fev	205.190,48	137.447,16	138.431,76	130.476,06
Jan	204.301,39	163.603,21	146.677,64	21.302,35
Total Ano	409.491,87	2.254.326,90	1.786.487,30	1.759.305,71
Média mensal	204.745,94	187.860,58	148.873,94	146.608,81

**Fonte:** Demonstrativo Elektro e contas de energia elétrica

A análise dos dados da Tabela 2, referentes ao valor total da conta do agrupamento dos consumidores IP de 2019 a 2021 revela informações cruciais sobre os gastos financeiros associados ao consumo de energia elétrica ao longo dos anos.

Observa-se um padrão de variação nos valores totais das contas de energia para o agrupamento dos consumidores IP de cada mês ao longo dos anos em análise. Em 2021, houve um aumento significativo nos gastos em comparação com os anos anteriores, com um total anual de R\$ 2.254.326,90, indicando uma possível elevação do custo da energia elétrica nesse período.

Os meses de junho a setembro de 2021 demonstram valores mais elevados em relação aos anos anteriores, sugerindo a necessidade de investigar possíveis fatores específicos que contribuíram para esse aumento nos gastos de energia durante esses meses.

Destaca-se também o mês de fevereiro em todos os anos, que apresenta variações nos valores das contas energéticas, com picos e quedas nos gastos, exigindo uma análise mais aprofundada para compreender os motivos por trás dessas flutuações.

A média mensal dos gastos financeiros ao longo dos anos mostra uma tendência de aumento, o que evidencia a importância de explorar medidas de eficiência energética, como a possível substituição do parque convencional de iluminação pública por LED, para minimizar os gastos e promover uma maior sustentabilidade econômica e ambiental.

Considerando a correlação entre o consumo de energia elétrica (Tabela 1) e os gastos financeiros (Tabela 2), é crucial realizar uma análise integrada desses dados para identificar oportunidades de otimização, redução de custos e melhoria da eficiência operacional no fornecimento de energia elétrica para os consumidores da categoria IP. A compreensão dessas relações pode resultar em estratégias mais eficazes e impactantes no planejamento energético e financeiro da região.

A tabela 3 é a relação entre as duas tabelas anteriores e indica o custo global da energia elétrica dos consumidores IP, considerando as tarifas e impostos.

**Tabela 3:** Custo total estimado por kWh dos consumidores IP de 2019 a 2021 (R\$/kWh)

Mês	2022	2021	2020	2019
Dez	-	0,55	0,47	0,40
Nov	-	0,59	0,40	0,44
Out	-	0,58	0,40	0,40
Set	-	0,58	0,40	0,43
Agosto	-	0,50	0,40	0,49
Julho	-	0,49	0,39	0,45
Junho	-	0,46	0,37	0,43
Mai	-	0,45	0,39	0,44
Abril	-	0,41	0,36	0,43
Março	-	0,41	0,40	0,45
Fev	0,59	0,41	0,38	0,36
Jan	0,56	0,42	0,40	0,06
Valor médio	0,58	0,49	0,40	0,40

**Fonte:** Demonstrativo Elektro e contas de energia elétrica

A análise da Tabela 3, que apresenta o custo total estimado por kWh dos consumidores da categoria IP de 2019 a 2021 em R\$/kWh, oferece informações valiosas sobre a variação de custos associados ao consumo de energia ao longo dos anos.

Observa-se que, ao longo do tempo, houve um aumento no custo por kWh para os consumidores IP, com valores médios mensais que mostram uma tendência de elevação. Em 2021, o custo médio por kWh atingiu R\$ 0,49, representando um aumento significativo em relação aos anos anteriores.

Os meses de fevereiro e novembro em todos os anos apresentam variações nos custos por kWh, indicando flutuações nos preços da energia elétrica, que podem estar relacionadas a fatores sazonais, variações na demanda ou mudanças nos custos de produção de energia.

A análise detalhada dos custos por kWh ao longo dos meses demonstra a importância de compreender as tendências e padrões de variação desses custos para melhor planejamento e gestão financeira dos recursos energéticos. A média dos valores apresentados destaca a relevância de implementar estratégias de eficiência energética, como a possível transição para iluminação LED, a fim de reduzir esses custos e otimizar o uso de recursos.

A compreensão do impacto dessas variações nos custos por kWh é fundamental para a tomada de decisões relacionadas à gestão financeira, planejamento orçamentário e implementação de medidas que visem a redução de custos e a promoção da sustentabilidade energética. Essa análise integrada dos dados financeiros e de consumo de energia pode contribuir para uma gestão mais eficiente e consciente dos recursos energéticos da região, beneficiando tanto os consumidores quanto o meio ambiente.

A Tabela 4 mostra o percentual da IP no consumo total de energia elétrica da Prefeitura Municipal de Ilha Solteira no segundo semestre de 2021.

**Tabela 4:** Percentual do consumo de energia elétrica de IP em relação ao consumo total em 2021

2021	Consumo total (kWh)	Consumo IP (kWh)	Percentual IP
Dez	789.356	387.783	49,1
Nov	772.126	380.499	49,3
Out	802.672	390.140	48,6
Set	771.065	400.457	51,9
Agosto	702.531	395.091	56,2
Julho	686.808	402.480	58,6
Junho	727.466	390.959	53,7
Mai	727.002	381.573	52,5
Abril	793.864	373.399	47,0
Março	778.359	371.746	47,8
Fev	680.564	333.885	49,1
Jan	767.293	392.709	51,2

**Fonte:** Demonstrativo Elektro e contas de energia elétrica

Analisando a Tabela 4, percebe-se que o percentual atinge, em média, cerca de 50%. Devido às tarifas mais baixas associadas à categoria IP, à isenção de alguns impostos e à ausência de tarifas de demanda, o custo global é relativamente inferior em comparação com os demais consumidores.

Pela análise da Tabela 1, pode-se afirmar que o consumo médio mensal de energia elétrica teve um crescimento relativamente pequeno ao longo dos últimos 3 anos analisados. O consumo não foi afetado de forma significativa pela pandemia e foi de aproximadamente 368 GWh, entre os anos de 2019 e 2021.

No entanto, na Tabela 2, há uma variação no gasto anual total, especialmente em 2021, onde o montante supera os gastos de 2019 e 2020 em cerca de 30%.

A Tabela 3 apresenta o cálculo do custo médio geral por kWh, evidenciando um aumento a partir de junho de 2021, atribuível tanto às bandeiras tarifárias quanto ao reajuste anual de TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) e TE (Tarifa de Energia). Em relação ao custo atual da energia elétrica, específico para a iluminação pública, pode ser considerado em R\$ 0,58 por kWh, conforme a Tabela 3.

A análise dos dados apresentados na Tabela 4, referente ao percentual do consumo de energia elétrica da Iluminação Pública (IP) em relação ao consumo total pela Prefeitura



Municipal de Ilha Solteira durante o segundo semestre de 2021, revela algumas tendências e variações interessantes.

Ao longo dos meses analisados, o percentual de consumo de energia da IP em relação ao total flutuou significativamente, variando de 47% a 58.6%. Essa variação mensal sugere possíveis influências sazonais ou fatores específicos que impactam diretamente o consumo da iluminação pública no município.

É perceptível que houve um aumento progressivo no percentual de consumo de energia da IP em relação ao total nos meses de julho, agosto e setembro, atingindo seu ápice em julho com 58.6%. Esses meses podem ter sido caracterizados por condições específicas que demandaram mais iluminação pública, como eventos locais, alterações climáticas ou outros fatores externos.

Por outro lado, os meses de abril e março registraram os menores percentuais de consumo de energia da IP em relação ao total, ambos com 47%. Essa queda pode indicar uma diminuição na demanda por iluminação pública nesses períodos específicos, seja por razões sazonais, reduções no uso da iluminação ou implementação de políticas de eficiência energética.

A análise desses dados também sugere a importância de explorar correlações com eventos específicos, políticas locais, condições climáticas e outras variáveis que possam influenciar diretamente o consumo de energia elétrica da iluminação pública. Compreender esses padrões e tendências pode orientar a gestão eficiente e sustentável dos recursos energéticos no município de Ilha Solteira.

Portanto, uma análise mais aprofundada dos dados, levando em consideração esses aspectos e explorando possíveis causas para as variações mensais, pode fornecer insights valiosos para otimizar o uso da energia elétrica na iluminação pública, visando a sustentabilidade, eficiência energética e redução de custos para a Prefeitura Municipal de Ilha Solteira.

Na tabela 5 a seguir serão apresentados comparativos entre as lâmpadas de multivapor metálicas e o LED em termos de potência e quantidade.

**Tabela 5:** Comparativo de Potências – Multivapor Metálico X LED

Tipo de Iluminação	Multivapor Metálico		LED	
	250 W (+ 30 W)	150 W (+ 22 W)	150 W	100 W
Potência (W)	280	172	150	100
Quantidade	279	354	279	354
TOTAL (W)	78.120	60.888	41.850	35.400

**Fonte:** Elaborada pelo autor

A tabela acima apresenta um comparativo entre o uso de lâmpadas de Multivapor Metálico e LED em termos de potência e quantidade. Os dados mostram que, em termos de potência total consumida, as lâmpadas de Multivapor Metálico consomem mais energia do que as lâmpadas de LED. Por exemplo, para uma quantidade de 279 lâmpadas, as lâmpadas de Multivapor Metálico consomem 78.120 W, enquanto as lâmpadas de LED consomem 60.888 W.

Também, pode-se notar que a tabela mostra que as lâmpadas de LED têm uma eficiência energética superior, já que conseguem produzir uma quantidade semelhante de luz com uma potência menor. Por exemplo, para uma quantidade de 354 lâmpadas, as lâmpadas de LED consomem 35.400 W, enquanto as lâmpadas de Multivapor Metálico consomem 41.850 W.

Com base nesses dados, é possível concluir que as lâmpadas de LED são mais eficientes em termos de consumo de energia e podem proporcionar uma economia significativa de eletricidade em comparação com as lâmpadas de Multivapor Metálico. Isso não apenas reduz os custos operacionais, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, uma vez que o uso de lâmpadas de LED ajuda a reduzir a pegada de carbono e o consumo de recursos naturais.

Portanto, considerando esses aspectos, a migração para lâmpadas de LED pode ser uma escolha mais vantajosa e sustentável a longo prazo.

Na tabela 6 a seguir será apresentado dados para a análise de viabilidade econômica para a substituição de lâmpadas LED em Ilha Solteira.

**Tabela 6:** Viabilidade Econômica (16 anos)

Taxa de Atratividade	13,75%
Correção Anual	5,77%
Investimento Inicial	R\$509.473,86
Despesas Anuais (Garantia de 5 Anos) 2% de falha	R\$10.189,48
Despesas Anuais (Fora da Garantia de 5 Anos) 10% de falha	R\$50.947,39
VPL (Valor Presente Líquido)	R\$ 827.441,90
TIR (Taxa Interna de retorno)	38%
IL (índice de Lucratividade)	2,04
PayBack (anos)	3,58
Retorno do Investimento	

**Fonte:** Elaborada pelo autor

Através dos dados das Tabelas 5 e 6 foi possível calcular uma redução de consumo anual de 267.494 kWh e um valor economizado com energia ao ano de R\$133.701,39. Os dados apresentados nas Tabelas 5 e 6 fornecem informações valiosas sobre o comparativo de potências entre luminárias de Multivapor Metálico e LED, bem como aspectos relacionados à viabilidade econômica de uma possível migração de um tipo de iluminação para o outro. A seguir esses dados serão analisados mais detalhadamente.

Na Tabela 5, observa-se que a luminária de Multivapor Metálico possui uma potência de 280W, composta por 250W para a lâmpada e mais 30W para outros componentes. Enquanto isso, a luminária de LED tem uma potência total de 172W, com a lâmpada consumindo 150W e 22W adicionais para outros componentes. Comparando as quantidades de cada tipo de iluminação, existem 279 luminárias de Multivapor Metálico e 354 luminárias de LED. Com base nessas informações, o consumo total é de 78.120W para Multivapor Metálico e 60.888W para LED.

Já na Tabela 6, são apresentados dados relevantes para a análise da viabilidade econômica da migração para o LED. O investimento inicial necessário para essa transição é de R\$509.473,86. As despesas anuais consideradas são de R\$10.189,48 durante a garantia de 5 anos e R\$50.947,39 após esse período, considerando uma taxa de falha de 2% e 10%, respectivamente. O Valor Presente Líquido (VPL) é de R\$827.441,90 e a Taxa Interna de Retorno (TIR) é de 38%, indicando uma atratividade financeira considerável.

O índice de Lucratividade (IL) é de 2,04, demonstrando que para cada unidade monetária investida espera-se um retorno de 2.04 unidades monetárias. O Payback, que representa o período necessário para recuperar o investimento inicial, indica que o retorno do investimento acontecerá em aproximadamente 3,58 anos.

Com base nos dados das Tabelas 5 e 6, foi possível calcular que a transição para o LED resultaria em uma redução anual de consumo de 267.494 kWh de energia, levando a uma economia de R\$133.701,39 ao ano. Esses números reforçam a viabilidade e os benefícios financeiros e ambientais de migrar para a tecnologia LED em termos de eficiência energética e redução de custos operacionais no longo prazo.

**Tabela 7:** Resultados

Redução de Consumo Anual	267.49 kWh
Valor Economizado com Energia (1 ano)	R\$ 133.701,39

**Fonte:** Elaborada pelo autor

Assim, a análise desses dados sugere vantagens econômicas e sustentáveis claras na migração para a tecnologia LED, ressaltando a importância de considerar não apenas os custos iniciais, mas também os benefícios a longo prazo em termos de eficiência energética, economia financeira e sustentabilidade ambiental.

Dando sequência a análise dos resultados a implementação do Sistema Integrado de Monitoramento (SIM Telegestão) da KDL Tecnologia em Iluminação representa uma evolução significativa no gerenciamento do sistema de iluminação pública. Ao permitir a supervisão eficaz do sistema, programação do acionamento e desligamento das lâmpadas, ajuste da intensidade da luz e identificação precisa de problemas técnicos, o SIM oferece uma solução abrangente para aprimorar a eficiência e a qualidade dos serviços de iluminação nas áreas urbanas. Com a capacidade de realizar medições individuais decorrente, consumo e tensão para cada luminária, o sistema agiliza a detecção de falhas, permitindo uma resposta mais rápida por parte das equipes técnicas, resultando em economia de recursos e melhoria no atendimento.

Entre os benefícios destacados do SIM, ressalta-se a redução do consumo de energia elétrica, diminuição do tempo de atendimento e dos custos de manutenção, automação da tomada de decisões por meio de alarmes e relatórios, além da segurança, escalabilidade e confiabilidade oferecidas pelas comunicações integradas. A possibilidade de prolongar a vida útil das luminárias e aprimorar a gestão dos recursos municipais são aspectos fundamentais que contribuem para a sustentabilidade e eficácia do sistema implantado. A automação e eficiência

promovidas pelo SIM Telegestão não apenas melhoram a experiência dos cidadãos em relação à iluminação pública, mas também representam um avanço na utilização de tecnologias para otimização dos recursos públicos.

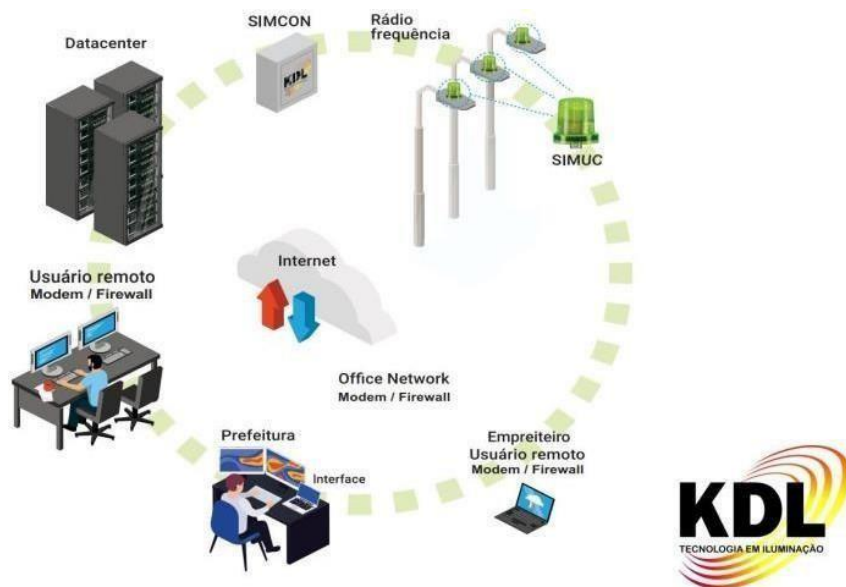
O SIM é composto por componentes essenciais, como a unidade de comando SIMUC, a unidade de concentradores SIMCON e o Software de Gestão. A unidade de comando SIMUC foi projetada para substituir sistemas fotoelétricos convencionais por soluções mais avançadas, permitindo a interatividade com lâmpadas e circuitos elétricos para um controle eficiente da iluminação. Suas funções vão além das de um relé fotoelétrico, incorporando medição, monitoramento e controle, contribuindo diretamente para a efetividade das operações de iluminação e manutenção. Essa unidade desempenha um papel crucial no monitoramento e controle preciso do consumo, acionamento, manutenção e eficiência das luminárias, sendo uma peça fundamental para a gestão inteligente da iluminação pública.

O SIMCON é o concentrador, responsável em controlar a rede de SIMUCs, ou seja, este hardware recebe e envia dados dos SIMUCs para a central de controle e vice-versa. Além disso, ele monitora e controla o parque de iluminação, verificando se há falhas e comunica às centrais de manutenção sobre quaisquer problemas, garantindo uma operação contínua 24 horas por dia. Esta função elimina a necessidade de chamadas telefônicas tradicionais para auxílio técnico.

O Software de Gestão é necessário para interatividade com as ferramentas de hardware, é importante para controlar e fazer a gestão do sistema remotamente e em tempo real. Adicionalmente, o software permite o envio de comandos, a geração de relatórios e o acesso a históricos de forma eficiente.

Com capacidade de integração a sistemas abrangentes de gestão, incluindo georreferenciamento e controle de dados via internet, o SIM se destaca como uma solução abrangente para o monitoramento da rede de iluminação, distribuição, medição e gestão de frotas de veículos, como ilustrado na Figura 9. A possibilidade de realizar comandos individuais ou em grupo, aliada à detecção de falhas no fornecimento de energia e problemas na rede de iluminação, posiciona o SIM como uma ferramenta versátil e essencial para a modernização e otimização dos serviços de iluminação pública. Sua implementação representa um avanço significativo na gestão urbana, promovendo maior eficiência, economia de recursos e qualidade nos serviços prestados à população.

**Figura 9:** Arquitetura SIM.



**Fonte:** KDL Iluminação, 2024.

## 6. CONCLUSÃO

Esta pesquisa demonstra um comprometimento com a melhoria dos serviços públicos, a redução de custos e o aumento da qualidade de vida dos habitantes. A busca pela eficiência energética, aliada à seleção criteriosa de tecnologias e dispositivos de telegestão, visa não apenas otimizar a operação do sistema de iluminação, mas também promover um ambiente urbano mais seguro e sustentável. É evidente que a aplicação dessas soluções contribuirá significativamente para uma melhor gestão da iluminação pública e para o bem-estar da comunidade de Ilha Solteira.

A adequada iluminação pública desempenha um papel fundamental na segurança, na estética urbana e na qualidade de vida das cidades modernas. A transição para tecnologias mais eficientes, como a iluminação LED, não apenas reduz os custos operacionais, mas também promove a sustentabilidade energética, diminuindo a pegada de carbono das municipalidades. Além disso, o uso de luminárias LED alimentadas pela rede de energia elétrica da concessionária ou por fontes renováveis, como postes solares, representa um avanço significativo rumo a cidades mais inteligentes e sustentáveis.

A convergência entre Smart Cities e Smart Grids é crucial para a eficiência energética e a gestão inteligente dos recursos urbanos. A implementação de sistemas telegestionados na iluminação pública representa um marco nesse sentido, permitindo o monitoramento remoto, o controle preciso do consumo de energia e a rápida detecção de falhas. Essa integração contribui não apenas para a otimização dos serviços, mas também para a criação de ambientes urbanos mais seguros, mais eficientes e mais conectados.

As inovações proporcionadas pela iluminação LED e pela telegestão não se restringem apenas à eficiência energética, mas abrangem uma gama de benefícios para as cidades e seus habitantes. A tecnologia LED oferece uma iluminação mais uniforme, com maior durabilidade e menor necessidade de manutenção, resultando em ruas mais bem iluminadas e seguras. Por sua vez, a telegestão possibilita a personalização dos níveis de iluminação de acordo com a demanda, a implementação de programações horárias eficientes e a resposta mais ágil a incidentes.

A iluminação LED aliada à telegestão é essencial para a construção de cidades mais inteligentes e resilientes. A economia de energia proporcionada por essas tecnologias não só reduz os gastos operacionais e os impactos ambientais, mas também direciona recursos financeiros para outras áreas prioritárias do desenvolvimento urbano. Além disso, a maior eficiência no gerenciamento da iluminação pública contribui para a promoção da segurança,

do bem-estar e da qualidade de vida dos cidadãos, tornando as cidades mais atrativas e sustentáveis para todos.

Em um cenário de constante evolução tecnológica e urbanização acelerada, a combinação entre iluminação LED, Smart Cities e telegestão é um passo significativo na direção de cidades mais eficientes, sustentáveis e conectadas. A implementação dessas inovações não apenas moderniza a infraestrutura urbana, mas também fortalece a resiliência e a qualidade de vida das comunidades locais. Investir em sistemas inteligentes de iluminação pública não é apenas uma questão de eficiência e economia, mas também de priorizar o bem-estar e a segurança dos cidadãos em um ambiente urbano cada vez mais dinâmico e interconectado.

Em suma, a partir dos resultados obtidos podemos concluir que o projeto de migração para o LED é viável, pois estas lâmpadas são mais eficientes quando comparadas às lâmpadas convencionais, como as de Multivapor Metálico, favorecendo a redução de custos operacionais, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental. Além do mais, as vantagens e benefícios fornecidos pelo sistema de telegestão tornam a gestão da iluminação pública mais eficiente.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Ambiente de Demonstração de Tecnologias para Cidade Inteligentes. São Paulo, 2018.

BILGIN, B.e.; GUNGOR, V.C.. **Performance evaluations of ZigBee in different smart grid environments**. Istanbul: Elsevier, 2012. 56 v.

BORGES, L. **Smart Grid**: a rede elétrica inteligente. 2018. Disponível em: <https://autossustentavel.com/2018/08/smart-grid.html>. Acesso em: 12 jul. 2024.

CAMPOS, Silvio Jose Fonseca de. **Iluminação urbana**: um estudo da eficiência energética de luminárias led controladas por sistema de telegestão. 2014. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste, 2014. LOPES, L. B. Uma avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Pública. Projeto de Graduação— UFRJ: [s.n.].

CAMPOS, S. J. F., COUTINHO, A. Application of LED Luminaires in Combination with Telemangement Control for Urban Lighting Efficiency. *In*: 22ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH, 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brazil.

CITY, Planet Smart. **Smart City Praia Bela**. Disponível em: <https://planetsmartcity.com.br/lotes/smart-city-praia-bela/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

CERTIFICAÇÕES, Yes. **Luminárias LED**. Disponível em: <https://yescert.com.br/como-importar-lampadas-e-iluminacao-normas-inmetro/>. Acesso em: 10 maio 2023.

COMMISSION, European (org.). **Lighting the Cities**: accelerating the deployment of innovative lighting in european cities. Luxemburgo: Publications Office Of The Europeans Union, 2013.

ECOSOLI - Soluções em energia solar e eficiência energética. Poste Solar. Disponível em: <https://www.ecosoli.com.br/lampada-solar/poste-solar.html>. Acesso em: 12 julho 2024.

FLORENCIO, Anderson. **SISTEMA DE IP COM APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA LED E SISTEMA DE TELEGESTÃO**: estudo de caso da cidade de Joinville.. 2019. 63 f. Tese (Doutorado) - Curso de Sistemas de Energia, Eletrotécnica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

GIBBONS, Ronald B.; LI, Yingfeng “Eric”; MEYER, Jason E.. **ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF LIGHT**: emitting diode roadway lighting technology. Charlottesville: Virginia Transportation Research Council, 2015.

GIELEN, Sander; HESEN, P.. *In*: Empec-2011 - 18Th European Microelectronics And Packaging Conference, 2011, Cambridge, Londres, Inglaterra.

HOLAS, Israel. **Desenvolvimento de um Módulo Compacto de LED para Instalação em Luminária Isla-Schröder**. 2014. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica/Eletrotécnica, Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

**IEEE INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS MAGAZINE**. Piscataway: Institute Of Electrical And Electronic Engineers, 2019.

ILUMINAÇÃO, Kdl Tecnologia em. SIM: sistema integrado de monitoramento. Sistema Integrado de Monitoramento. Disponível em:  
<https://www.kdliluminacao.com.br/produtos/sistema-de-telegestao/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

KRUGER, Cristiane; RAMOS, Lucas Feksa. **Iluminação pública e eficiência energética**. *Revista Espaço Acadêmico*, v. 16, n. 185, p. 37-49, 2016.

LEÃO, Marcus Vinícius Silva. **Eficiência do sistema de Iluminação Pública**: estudo de caso da avenida Luiz Viana Filho. (Monografia) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Ciência e Tecnologia Área 1, Salvador, BA, 2014.

PINTO, Marco Aurélio Cabral; KIRCHNER, Carlos Augusto Ramos. **Cenário atual e oportunidades para atuação em Iluminação Pública no Brasil**. Belo Horizonte: Federação Nacional dos Engenheiros, 2016.

RIBEIRO, Ana Cristina Cota. O EMPREGO DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA. **Unibh**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 1-22, 30 dez. 2012

SILVA, Lourenço Lustosa Fróes da. **Iluminação Pública no Brasil**: aspectos energéticos e institucionais. 2006. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SCHULZ NETO, Willy. **Iluminação Pública**: desenvolvimento regional integrado. Curitiba: Agenda Parlamentar Crea-Pr, 2020.

SMARTGREEN. **Telegestão da iluminação pública**. Disponível em: <https://smartgreen.net/solucoes/telegestao-de-iluminacao-publica>. Acesso em: 16 jul. 2024.

USMAN, Ahmad; SHAMI, Sajjad Haider. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**: evolution of communication technologies for smart grid applications. Atlanta: Elsevier, 2013. 19 v.

ZIEGLER, Michael. Accelerating the Deployment of Innovative Lighting in European Cities. **Lighting The Cities**, Luxemburgo, v. 5, n. 7, p. 25-27, jun. 2013.