

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS ITAJAÍ
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCELLA CORREIA PEDRON

**MODERNIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E DEFASAGEM
CADASTRAL: ESTUDO SOBRE A TARIFICAÇÃO DE ENERGIA EM
ITAJAÍ/SC**

ITAJAÍ
2026

MARCELLA CORREIA PEDRON

MODERNIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E DEFASAGEM
CADASTRAL: ESTUDO SOBRE A TARIFICAÇÃO DE ENERGIA EM
ITAJAÍ/SC

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Sistemas Elétricos de Potência

Orientador: Prof. Dr. Saimon Miranda Fagundes
Instituto Federal de Santa Catarina

ITAJAÍ
2026

Ficha de Identificação da obra elaborada pelo autor, através do cadastro de ficha de identificação disponível no portal discente do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGAA, do IFSC.

Pedron, Marcella Correia

Modernização da iluminação pública e defasagem cadastral: estudo sobre a tarifação de energia em Itajaí/SC. / Marcella Correia Pedron ; orientador(a): Saimon Miranda Fagundes. -- Itajaí : 2026.

60 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí. Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Itajaí, 2026.

Inclui referências.

1. Iluminação pública. 2. Cadastro técnico. 3. Telegestão. 4. Eficiência energética. 5. LED. I. Fagundes, Saimon Miranda. II. Instituto Federal de Santa Catarina, Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica. III. Título.

MARCELLA CORREIA PEDRON

MODERNIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E DEFASAGEM CADASTRAL:
ESTUDO SOBRE A TARIFICAÇÃO DE ENERGIA EM ITAJAÍ/SC

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Eletricista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora indicada.

Itajaí, 05 de agosto de 2026.



Documento assinado digitalmente
SAIMON MIRANDA FAGUNDES
Data: 05/08/2026 15:59:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Saimon Miranda Fagundes

Orientador

Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
ADILSON PACHECO BORTOLUZZI
Data: 06/08/2026 12:54:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Adilson Pacheco Bortoluzzi

Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
PAULO CESAR DA SILVA
Data: 06/08/2026 16:23:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Cesar da Silva

Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho simboliza uma trajetória construída com amor, dedicação, apoio e aprendizado ao longo dos anos. Por isso, expresso minha gratidão a todos que fizeram parte desta caminhada.

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe, Marcell, que dedicou sua vida a mim e à minha educação. Obrigada por cada esforço, renúncia e incentivo. Esta conquista é tão sua quanto minha, pois foi seu amor, sua força e sua determinação que me trouxeram até aqui. Tudo o que sou hoje carrega um pouco dos seus ensinamentos e do seu exemplo.

Ao meu pai, Túlio, que partiu quando eu ainda era muito pequena, mas cuja presença nunca deixou de existir em minha vida. Sua memória esteve presente em cada desafio superado e em cada conquista alcançada. Esta vitória também é dedicada a você, que permanece vivo em minhas lembranças e em meus valores.

À minha família, agradeço pelo carinho, apoio e incentivo ao longo dessa jornada. Sou grata por nunca ter caminhado sozinha.

Um agradecimento especial à minha afilhada, Isabella. Com sua alegria, coragem e capacidade de superar desafios diariamente, ela me ensinou sobre paciência, resiliência e amor incondicional. Sou imensamente grata por tudo o que aprendo com ela.

Aos meus chefes e colegas de trabalho, agradeço pela confiança, pelas oportunidades e pelos ensinamentos compartilhados. Obrigada por acreditarem no meu potencial e contribuírem para meu crescimento profissional.

Aos meus amigos, agradeço pela companhia, pelo apoio e por todos os momentos compartilhados durante esta fase tão importante da minha vida. Cada incentivo e amizade tornaram essa caminhada mais leve e especial.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), instituição que me proporcionou não apenas formação acadêmica, mas também crescimento pessoal e profissional. Levo comigo os conhecimentos, experiências e amizades construídos ao longo desta jornada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e fizeram parte desta trajetória, meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

A iluminação pública exerce papel fundamental na infraestrutura urbana, influenciando diretamente na segurança, mobilidade e qualidade de vida da população. Nos últimos anos, uma boa parte dos municípios brasileiros intensificaram os processos de modernização dos parques luminotécnicos por meio da substituição das luminárias convencionais por tecnologia LED, visando maior eficiência energética e redução dos custos operacionais. Entretanto, a atualização acelerada desses ativos tem evidenciado desafios relacionados à sincronização entre a infraestrutura efetivamente instalada em campo e os cadastros técnicos utilizados pelas concessionárias de energia elétrica para fins de faturamento. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as inconsistências existentes entre os ativos instalados no sistema de iluminação pública do município de Itajaí e o cadastro técnico utilizado pela Celesc para faturamento da energia elétrica da iluminação pública municipal. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida por meio de estudo de caso. Os procedimentos metodológicos envolveram revisão bibliográfica, análise documental, cruzamento de bases cadastrais, auditoria de informações técnicas e verificação física de ativos em campo. Os resultados evidenciaram divergências relacionadas às potências cadastradas das luminárias, incompatibilidade entre as tecnologias registradas e efetivamente instaladas, além da existência de ativos cadastrados sem correspondente físico identificado na rede de iluminação pública municipal. A análise demonstrou que o modelo tradicional de faturamento baseado em consumo estimado e inventários cadastrais estáticos apresenta limitações diante do ritmo acelerado de modernização tecnológica do sistema. Os cenários analisados indicaram impactos financeiros relevantes decorrentes das inconsistências identificadas, com estimativas superiores a R\$ 25 mil anuais apenas nos casos estudados nesta pesquisa. Além disso, verificou-se que o município já dispõe de infraestrutura de telegestão implantada nos ativos de iluminação pública, porém atualmente utilizada predominantemente para funções operacionais e de manutenção. Conclui-se que a eficiência energética da modernização da iluminação pública depende não apenas da substituição física das luminárias convencionais por tecnologia LED, mas também da modernização dos processos de gestão e atualização cadastral utilizados pelas concessionárias de energia elétrica.

Palavras-chave: Iluminação pública. Cadastro técnico. Telegestão. Eficiência energética. LED.

ABSTRACT

Public lighting plays a fundamental role in urban infrastructure, directly influencing public safety, mobility, and the population's quality of life. In recent years, Brazilian municipalities have intensified the modernization of their lighting systems through the replacement of conventional luminaires with LED technology, aiming to improve energy efficiency and reduce operational costs. However, the accelerated updating of these assets has highlighted challenges related to the synchronization between the infrastructure effectively installed in the field and the technical records used by electric utility companies for billing purposes. In this context, the present study aimed to analyze the inconsistencies between the assets installed in the public lighting system of the municipality of Itajaí and the technical database used by Celesc for public lighting electricity billing. The research is characterized as applied, with both qualitative and quantitative approaches, developed through a case study methodology. The methodological procedures included a literature review, document analysis, cross-referencing of technical databases, auditing of technical information, and physical verification of assets in the field. The results revealed discrepancies related to the registered luminaire power ratings, incompatibilities between the technologies recorded and those actually installed, as well as the existence of registered assets with no corresponding physical infrastructure identified in the municipal public lighting network. The analysis demonstrated that the traditional billing model, based on estimated consumption and static inventory records, presents significant limitations when faced with the rapid pace of technological modernization in public lighting systems. The scenarios analyzed indicated relevant financial impacts resulting from the identified inconsistencies, with estimated losses exceeding R\$ 25,000 per year considering only the cases investigated in this study. Furthermore, it was verified that the municipality already has a telemanagement infrastructure deployed in its public lighting assets; however, it is currently used predominantly for operational and maintenance purposes. It is concluded that the energy efficiency achieved through public lighting modernization depends not only on the physical replacement of conventional luminaires with LED technology, but also on the modernization of management processes and database updating procedures adopted by electric utility companies.

Keywords: Public lighting. Technical database. Telemanagement. Energy efficiency. LED technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro de radiação	17
Figura 2 – Representação das grandezas fotométricas fluxo luminoso, iluminância e luminância	19
Figura 3 – Comparativo de IRCs	21
Figura 4 – Conjunto de Iluminação Pública	22
Figura 5 – Relé para IP	25
Figura 6 – Arquitetura simplificada de um sistema de telegestão.	32
Figura 7 – Exemplo de atualização cadastral da iluminação pública.	39
Figura 8 – Projeto desenvolvido pela QLuz.	40
Figura 9 – Portal GeoIP - Genesis	41
Figura 10 – Poste com os pontos de iluminação na Av. Marcos Konder.	43
Figura 11 – Luminária da pista de rolamento - Av. Marcos Konder.	43
Figura 12 – Luminária do passeio - Av. Marcos Konder.	44
Figura 13 – Recorte do cadastro da Celesc - Av. Marcos Konder.	45
Figura 14 – Ponto de iluminação na Rua Antônio Victor Gonçalves.	47
Figura 15 – Luminária de 40 W na Rua Antônio Victor Gonçalves.	48
Figura 16 – Recorte do cadastro da Celesc - Rua Antônio Victor Gonçalves.	49
Figura 17 – Pontos de iluminação da Rua Manoel Zeferino Teixeira	50
Figura 18 – Recorte do cadastro da Celesc - Rua Manoel Zeferino Teixeira.	51
Figura 19 – Tarifa de energia elétrica para iluminação pública (Grupo B) da Celesc.	52
Figura 20 – Interface do sistema de telegestão Exati utilizado pela QLuz.	55
Figura 21 – Plataforma de registro de ocorrências da iluminação pública em Itajaí.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eficiência luminosa das tecnologias de iluminação	20
Tabela 2 – Comparação de inventários	41
Tabela 3 – Balanço Geral de Ativos e Potência	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1.1	Evolução da Iluminação Pública	15
2.1.2	Conceitos de Iluminação	16
2.1.2.1	<i>Luz</i>	16
2.1.2.2	<i>Fluxo luminoso</i>	18
2.1.2.3	<i>Iluminância</i>	18
2.1.2.4	<i>Luminância</i>	18
2.1.2.5	<i>Eficiência Luminosa</i>	19
2.1.2.6	<i>Índice de Reprodução de Cor (IRC)</i>	20
2.2	Equipamentos dos Sistemas de Iluminação Pública	21
2.2.1	Lâmpadas	22
2.2.1.1	<i>Lâmpada de Vapor de Mercúrio</i>	23
2.2.1.2	<i>Lâmpada de Vapor de Sódio</i>	23
2.2.1.3	<i>Lâmpada de Vapor Metálico</i>	23
2.2.1.4	<i>LED</i>	23
2.2.1.5	<i>Reatores</i>	24
2.2.1.6	<i>Relés</i>	24
2.2.1.7	<i>Braços</i>	25
2.3	Marco Normativo e Regulatório da Iluminação Pública	25
2.3.1	COSIP em Itajaí/SC	28
2.4	Cadastro Técnico da Iluminação Pública	28
2.4.1	Inventário Técnico e o Processo de <i>As-Built</i>	30
2.5	Telegestão	31
3	METODOLOGIA	34
3.1	Caracterização da Pesquisa	34
3.2	Área de estudo	34
3.3	Coleta de Dados	35
3.4	Procedimentos de Análise	35
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
4.1	Contextualização da Parceria Público-Privada	37

4.2	Processo de Atualização Cadastral junto à Celesc	38
4.3	Divergências entre os Ativos Instalados e o Cadastro da Concessionária	41
4.3.1	Cenário 1: Inconsistência de Potência Nominal em Luminárias LED	42
4.3.2	Cenário 2: Divergência entre Tecnologia Instalada e Tecnologia Cadastrada	46
4.3.3	Cenário 3: Ativos Cadastrados sem Correspondência Física em Campo	50
4.4	Impacto Econômico-Financeiro	52
4.5	Potencial da Telegestão	54
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura de iluminação pública (IP) desempenha um papel estratégico no desenvolvimento das cidades contemporâneas, atuando como um vetor essencial para a promoção da segurança pública, a fluidez da mobilidade viária e a valorização dos espaços urbanos de convivência coletiva. Historicamente caracterizados por fluxos operacionais reativos e pelo uso de tecnologias de baixa eficiência luminosa, os parques de iluminação municipais passam atualmente por um ciclo de profunda transformação tecnológica, impulsionado pela consolidação dos diodos emissores de luz (LED - *Light Emitting Diode*) e pela ascensão das redes de monitoramento inteligente.

No cenário nacional, esse processo de modernização foi acelerado tanto por incentivos de eficiência energética quanto por readequações no modelo de governança, o que inclui a proliferação de Parcerias Público-Privadas (PPPs) para a delegação desses serviços à iniciativa privada. Contudo, a transição física dos ativos de iluminação das ruas impõe um novo e complexo desafio regulatório e administrativo às municipalidades: a manutenção e a sincronização do cadastro técnico junto às concessionárias de distribuição de energia elétrica.

Essa interface cadastral ganha relevância crítica em virtude do modelo tarifário vigente para o setor. Conforme as diretrizes regulamentares da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na ausência de dispositivos de medição individualizada em cada poste, o consumo de energia da iluminação pública do subgrupo B é faturado de forma estimada. Sob esse regime de faturamento por estimativa, a distribuidora de energia converte a potência nominal dos equipamentos cadastrados em consumo monetário na fatura mensal do município, considerando um padrão fixo de doze horas diárias de acendimento.

O cerne do problema operacional reside no descompasso temporal e burocrático que frequentemente ocorre entre a execução das melhorias físicas em campo e o processamento de atualização dessas informações nos sistemas comerciais da concessionária. Quando os fluxos de documentação técnica do *As-Built* (como construído) operam de forma morosa, manuais ou descentralizados, cria-se um cenário de defasagem cadastral.

No município de Itajaí, o processo de modernização da iluminação pública foi intensificado a partir de 2023. Entretanto, o elevado volume de ativos modernizados e a necessidade de atualização individualizada das informações junto à Centrais Elétricas de Santa Catarina (Celesc) passaram a evidenciar desafios relacionados à sincronização entre a infraestrutura efetivamente instalada e o cadastro técnico utilizado para fins de faturamento da energia elétrica.

Diante das constantes modernizações do parque de iluminação pública e da

necessidade de manter as informações cadastrais compatíveis com a infraestrutura instalada, torna-se essencial compreender as divergências existentes entre os registros da concessionária de energia elétrica e a realidade observada em campo. Essas inconsistências podem comprometer a confiabilidade dos dados utilizados na gestão do sistema, dificultar os processos de atualização cadastral e influenciar diretamente o faturamento da energia elétrica do município. Nesse contexto, esta pesquisa busca contribuir para a identificação dessas divergências e para a discussão de seus impactos na administração da iluminação pública de Itajaí/SC.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar as inconsistências cadastrais existentes no sistema de iluminação pública do município de Itajaí, com foco nas divergências entre os ativos efetivamente instalados em campo e os dados registrados junto à concessionária de energia elétrica, avaliando seus impactos nos processos de gestão, atualização cadastral e faturamento da energia elétrica consumida pelo parque de iluminação pública municipal.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Revisar os principais conceitos técnicos, normativos e regulatórios aplicáveis aos sistemas de iluminação pública;
- b) Analisar o funcionamento do cadastro técnico da iluminação pública e sua relação com os processos de gestão e faturamento de energia elétrica;
- c) Identificar inconsistências entre os ativos de iluminação pública instalados em campo e os dados cadastrados junto à concessionária de energia elétrica no município de Itajaí;
- d) Avaliar os impactos da defasagem cadastral na gestão e no faturamento da iluminação pública;
- e) Discutir a aplicação da telegestão como ferramenta para modernização e atualização cadastral dos sistemas de iluminação pública.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

- A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica, abordando a evolução da iluminação pública, os principais conceitos luminotécnicos, os aspectos normativos e

regulatórios aplicáveis ao setor, além dos temas relacionados ao cadastro técnico, atualização cadastral e telegestão em sistemas de iluminação pública;

- A Seção 3 descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa, incluindo a caracterização do estudo, a área analisada, os procedimentos de coleta de dados e os métodos empregados para análise das inconsistências cadastrais identificadas;
- A Seção 4 contempla a análise e discussão dos resultados, apresentando as divergências verificadas entre os ativos instalados em campo e os dados cadastrados junto à concessionária de energia elétrica, bem como os impactos técnicos, operacionais e financeiros decorrentes dessas inconsistências;
- Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões do trabalho, reunindo as principais considerações obtidas a partir da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros relacionados à modernização e gestão dos sistemas de iluminação pública.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Evolução da Iluminação Pública

A iluminação pública constitui um dos serviços urbanos mais antigos e essenciais para o funcionamento das cidades. Sua evolução ao longo do tempo acompanha o desenvolvimento tecnológico e as transformações sociais, refletindo mudanças nos modelos de gestão e nas formas de consumo de energia.

No Brasil, a história da iluminação pública é marcada por ciclos tecnológicos que acompanharam o desenvolvimento urbano e econômico do país. O fogo e a luz natural eram os únicos meios que podiam confrontar a escuridão antes do período colonial, de forma que, somente com o início da colonização portuguesa é que o Brasil passou a adotar soluções europeias, com o uso de lampiões a óleo de baleia e posteriormente lampiões a gás.

O grande salto tecnológico ocorreu no final do século XIX, não somente com a introdução da energia elétrica, mas também com a invenção da lâmpada incandescente por Thomas Edison. O estado do Rio de Janeiro tornou-se pioneiro, ao instalar a primeira rede de iluminação elétrica pública do país, impulsionada por uma usina termoelétrica local (BRANDÃO et al., 2013). A partir deste momento as lâmpadas incandescentes ganharam o mercado, de forma que dominaram o cenário urbano durante grande parte do século XX. Apesar do avanço, essas lâmpadas apresentavam baixa eficiência energética (aproximadamente 13 a 17 lúmen por watt (lm/W)) e uma vida útil reduzida, em torno de 1000 horas, o que exigia manutenção constante (NOGUEIRA, 2013).

Com o crescimento acelerado das cidades a partir da década de 1950 e a necessidade de atender à expansão do tráfego automobilístico, houve a adoção das lâmpadas de descarga de alta intensidade (HID), as quais representaram um avanço significativo na eficiência dos sistemas de iluminação pública. Nesse contexto, diferentes tecnologias foram incorporadas ao longo das décadas, destacando-se, inicialmente, as lâmpadas de vapor de mercúrio (VME), amplamente utilizadas entre as décadas de 1950 e 1990. Essas lâmpadas representaram o primeiro ganho expressivo de escala, apresentando eficácia luminosa entre 40 e 60 lm/W e vida útil de até 24.000 horas. Entretanto, seu baixo Índice de Reprodução de Cor (IRC) e os impactos ambientais associados ao mercúrio constituíram importantes limitações.

Posteriormente, a partir da década de 1970, as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão consolidaram-se como a principal tecnologia empregada na iluminação viária, especialmente no Brasil, permanecendo predominantes por várias décadas.

Com eficácia luminosa que pode atingir até 140 lm/W e elevada durabilidade, essas lâmpadas se destacaram pela eficiência energética, embora apresentassem como característica a emissão de luz com tonalidade amarelada (MORAIS, 2022).

Dando continuidade à evolução tecnológica da iluminação pública, observa-se, a partir dos anos 2000, a introdução e consolidação do LED como a principal alternativa às tecnologias convencionais. Essa transição foi impulsionada, sobretudo, pela busca por maior eficiência energética, redução de custos operacionais e melhoria na qualidade da iluminação urbana. As luminárias em LED apresentam vantagens significativas em relação às tecnologias anteriormente empregadas. Dentre essas vantagens, destacam-se a elevada eficácia luminosa, que pode ultrapassar 160 lm/W, maior vida útil, além de melhor Índice de Reprodução de Cor (IRC), proporcionando maior fidelidade na percepção das cores e contribuindo para a segurança viária e urbana. Adicionalmente, os sistemas em LED permitem maior controle do fluxo luminoso, possibilitando a aplicação de estratégias como dimerização e telegestão.

No contexto brasileiro, a substituição das tecnologias convencionais por LED tem ocorrido de forma acelerada nas últimas décadas, impulsionada por programas de eficiência energética e iniciativas municipais voltadas à modernização dos parques de iluminação pública. Entretanto, apesar dos benefícios técnicos e operacionais, a transição para a tecnologia LED também evidencia desafios relevantes, especialmente no que se refere à atualização cadastral dos pontos de iluminação. Em muitos casos, a substituição das luminárias ocorre em campo sem a devida atualização simultânea dos sistemas de cadastro utilizados pelas concessionárias de energia, o que pode gerar inconsistências entre a potência instalada real e aquela registrada para fins de medição e faturamento.

Dessa forma, a evolução histórica da iluminação pública, que partiu do uso rudimentar do fogo e atravessou diferentes ciclos de lâmpadas de descarga, culmina hoje em uma era de alta tecnologia que reforça a necessidade de sistemas de gestão mais confiáveis e integrados. A correspondência entre a infraestrutura instalada e os dados cadastrais torna-se, portanto, o novo marco crítico para garantir a transparência e a correta mensuração do consumo de energia na gestão pública contemporânea.

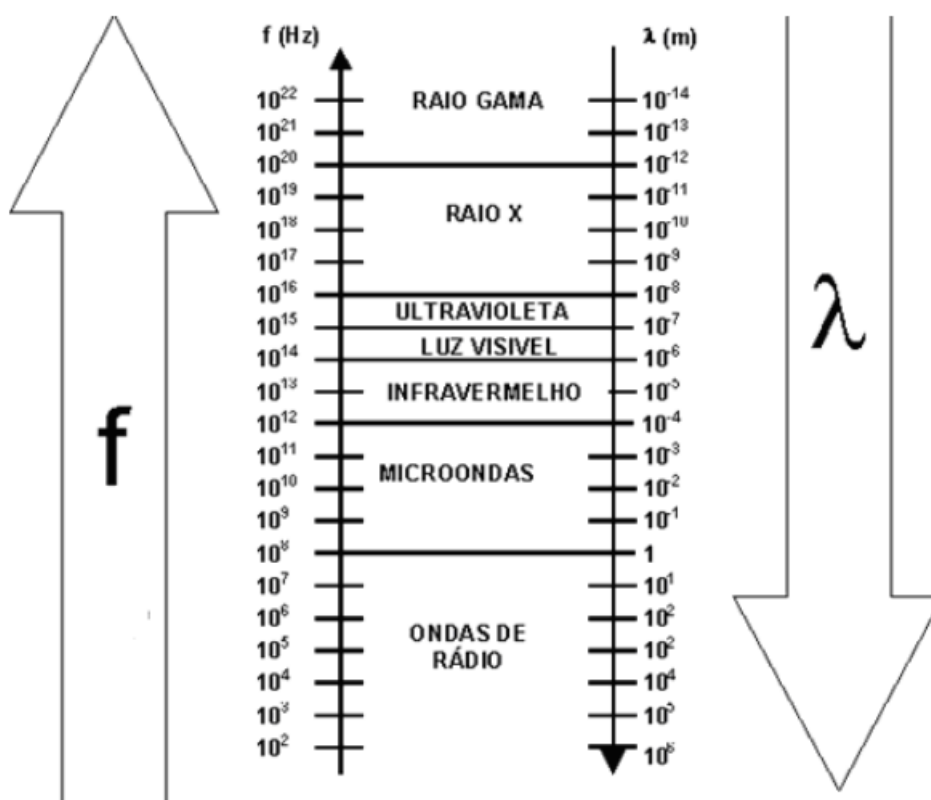
2.1.2 Conceitos de Iluminação

2.1.2.1 Luz

A luz pode ser definida como uma forma de energia radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas. De acordo com Young e Freedman (2016), essa radiação apresenta frequências específicas que possuem a capacidade biológica de sensibilizar o sistema visual humano. No entanto, o que percebemos como luz visível representa apenas uma estreita faixa dentro do vasto espectro eletromagnético (BONA,

2010), como é possível observar na Figura 1:

Figura 1 – Espectro de radiação



Fonte: LALIC (2011).

Como ressaltado por Bastos (2011), o espectro eletromagnético compreende diversas radiações que se diferenciam por sua frequência e comprimento de onda, embora compartilhem uma velocidade de propagação constante. A percepção visual e sensorial humana está restrita ao intervalo de comprimento de onda que varia de aproximadamente 380 nanômetros (nm) a 780 nm, representando respectivamente o limite máximo da radiação ultravioleta e o limite mínimo da radiação infravermelha (Muse, 2019).

A sensação de luminosidade é um processo fisiológico que ocorre quando os fotorreceptores da retina são estimulados por essa faixa específica de radiação. Nesse contexto, Mamede Filho (2017) destaca que a percepção das cores não é uma característica intrínseca dos objetos, mas sim uma consequência da radiação luminosa incidente sobre eles. Em termos físicos, a cor percebida é o resultado da interação entre a luz que o objeto absorve e a luz que ele reflete.

2.1.2.2 Fluxo luminoso

O fluxo luminoso corresponde à quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções. Essa grandeza fotométrica é utilizada para indicar a capacidade de uma lâmpada ou luminária de produzir iluminação, sendo expressa em lúmens (lm). Quanto maior o valor do fluxo luminoso, maior será a quantidade de luz disponibilizada ao ambiente, embora isso não signifique necessariamente melhor iluminação, pois a distribuição dessa luz também influencia o resultado final.

2.1.2.3 Iluminância

A iluminância representa a quantidade de fluxo luminoso que incide sobre uma determinada superfície. Sua unidade de medida é o lux (lx), equivalente a um lúmen distribuído sobre um metro quadrado. Essa grandeza é amplamente empregada na avaliação de sistemas de iluminação, pois permite verificar se os níveis luminosos disponíveis atendem aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas para cada aplicação.

A iluminância pode ser calculada pela relação entre o fluxo luminoso incidente e a área iluminada, conforme apresentado na Equação 1.

$$E = \frac{F}{S} [lux] \quad (1)$$

Em que F é o fluxo luminoso, em lúmens (lm) e S é a área da superfície iluminada, em metros quadrados (m^2).

Na prática, a distribuição da luz não ocorre de maneira perfeitamente uniforme, fazendo com que diferentes pontos de uma mesma superfície apresentem valores distintos de iluminância. Por essa razão, normalmente são considerados valores médios para análise e dimensionamento dos sistemas luminotécnicos (Mamede Filho, 2017).

2.1.2.4 Luminância

A luminância está relacionada à percepção visual de brilho produzida por uma superfície quando observada por uma pessoa. Diferentemente da iluminância, que mede a luz que chega à superfície, a luminância considera a parcela dessa luz que é refletida em direção ao observador. Sua unidade de medida é a candela por metro quadrado (cd/m^2). Ela é obtida pela equação:

$$L = \frac{I}{S} * \cos(\alpha) \left[\frac{cd}{m^2} \right] \quad (2)$$

Onde α é ângulo entre a superfície iluminada e a direção do fluxo luminoso, L é a intensidade luminosa e S é a área da superfície iluminada em metros quadrados (m^2).

De acordo com Antunes (2015), os conceitos de luminância e iluminância são frequentemente confundidos, embora representem grandezas fotométricas distintas. Enquanto a luminância está associada à luz refletida por uma superfície em direção ao observador, a iluminância refere-se à quantidade de fluxo luminoso incidente sobre determinada área iluminada.

Diferentemente da luminância, a iluminância não depende diretamente das características físicas da superfície iluminada, mas sim das condições geométricas e operacionais do sistema de iluminação. Entre os principais fatores que influenciam seus níveis destacam-se a potência da fonte luminosa, altura de instalação da luminária, distância entre os pontos de iluminação, ângulo de incidência da luz e distribuição fotométrica da luminária.

No contexto da iluminação pública, a iluminância é amplamente utilizada como parâmetro técnico para avaliação da qualidade luminotécnica das vias urbanas, sendo empregada em normas como a NBR 5101 para definição dos níveis mínimos de iluminação necessários à segurança e ao conforto visual de motoristas, ciclistas e pedestres. Dessa forma, a correta compreensão da diferença entre luminância e iluminância é fundamental para o adequado dimensionamento e análise dos sistemas de iluminação pública. A distinção entre ambas as grandezas pode ser visualizada de forma comparativa na Figura 2.

Figura 2 – Representação das grandezas fotométricas fluxo luminoso, iluminância e luminância



Fonte: Prefeitura Municipal de Santos (2022).

2.1.2.5 Eficiência Luminosa

As lâmpadas e luminárias constituem dispositivos desenvolvidos para realizar a conversão de energia elétrica em energia luminosa, permitindo a geração de luz

artificial para os mais diversos ambientes e aplicações. Durante esse processo, a energia elétrica consumida é transformada parcialmente em fluxo luminoso, enquanto outra parcela é dissipada na forma de calor.

A capacidade de um sistema de iluminação em converter energia elétrica em luz é expressa por meio da eficiência luminosa, também denominada eficácia luminosa, cuja unidade é lúmens por watt (lm/W). Esse parâmetro representa a relação entre o fluxo luminoso emitido pela fonte, medido em lúmens (lm), e a potência elétrica consumida, medida em watts (W). Dessa forma, quanto maior for a eficácia luminosa de uma lâmpada ou luminária, maior será a quantidade de luz produzida para uma mesma potência consumida, caracterizando um sistema mais eficiente do ponto de vista energético.

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as eficiências luminosas médias de diferentes tecnologias de iluminação utilizadas ao longo da evolução dos sistemas luminotécnicos. A partir da análise dos dados, observa-se o avanço da eficiência energética das fontes luminosas ao longo do desenvolvimento tecnológico, destacando-se o desempenho superior das luminárias LED em relação às tecnologias convencionais.

Tabela 1 – Eficiência luminosa das tecnologias de iluminação

Tipo de lâmpada	Vida útil (h)	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)
Incandescente	1000	100	1300	13
Fluorescente	6000	20	1280	64
LED	30000	15	1320	88

Fonte: Adaptado de Exati Tecnologia (2024).

A eficiência luminosa é dada pela equação:

$$\eta = \frac{F}{P_e} \left[\frac{lm}{W} \right] \quad (3)$$

Em que F é o fluxo luminoso, em lúmens e P_e é a potência elétrica consumida, em Watts (W).

2.1.2.6 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) corresponde à capacidade de uma fonte luminosa reproduzir as cores dos objetos de forma fiel à percepção obtida sob iluminação natural ou de referência. Quanto maior o valor do IRC, menor será a distorção das cores percebidas pelo observador, proporcionando melhor qualidade visual e maior conforto na identificação dos elementos iluminados.

A Figura 3 demonstra comparativamente o efeito do IRC sobre a percepção visual das cores. Observa-se que uma mesma paisagem, quando iluminada por uma fonte luminosa com elevado índice de reprodução de cor, apresenta tonalidades mais naturais e maior riqueza de detalhes. Em contrapartida, sob uma fonte com baixo IRC,

as cores tornam-se menos fiéis e visualmente alteradas, comprometendo a qualidade da iluminação percebida.

Figura 3 – Comparativo de IRCs



Fonte: COPEL (2018).

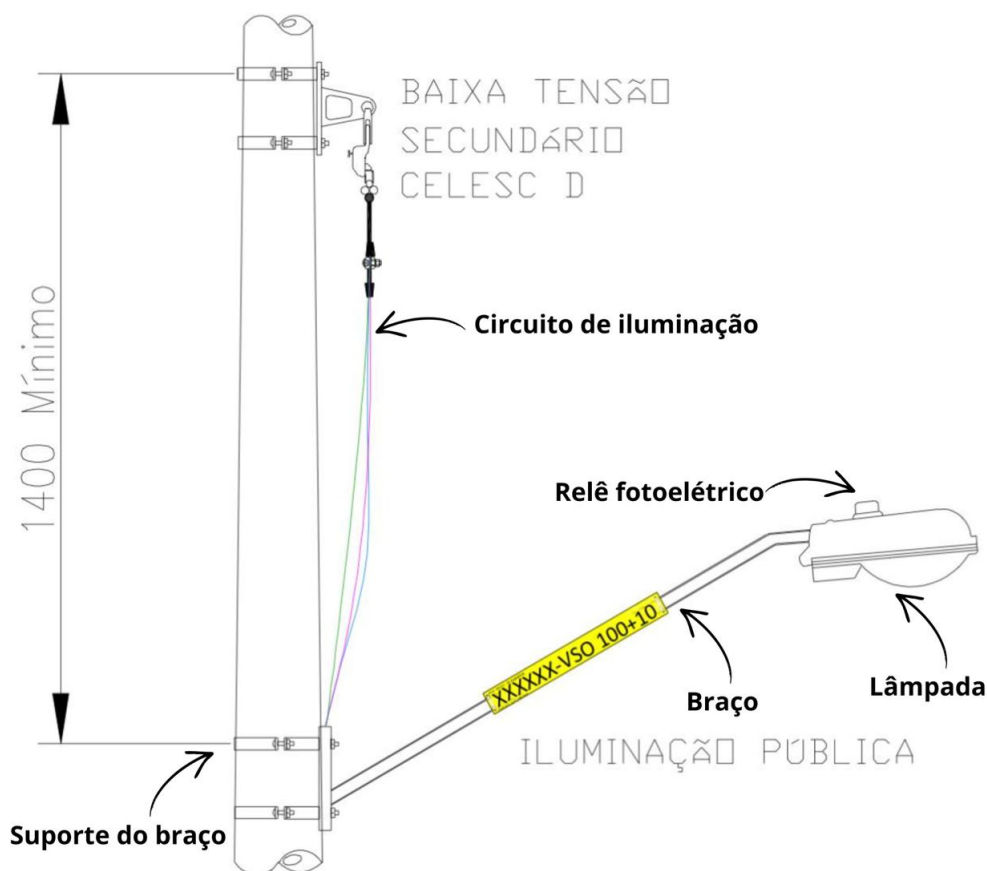
2.2 Equipamentos dos Sistemas de Iluminação Pública

Com o passar dos anos e com a evolução tecnológica das estruturas de iluminação pública, as empresas do setor investem no uso de equipamentos mais modernos, confiáveis e com melhor relação custo-benefício nos parques de IP do país, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a eficiência do serviço. Os principais equipamentos utilizados são:

- Lâmpadas;
- Reatores;
- Relés;
- Braços.

Na Figura 4, pode-se observar os principais equipamentos de um ponto de iluminação pública.

Figura 4 – Conjunto de Iluminação Pública



Fonte: Adaptado de Celesc.

2.2.1 Lâmpadas

De acordo com a norma ABNT NBR 5461, a lâmpada é o dispositivo responsável por converter a energia elétrica da rede em radiação óptica, atuando como a fonte primária de luz. Historicamente, o mercado foi dominado pelos modelos incandescentes, evoluindo posteriormente para as tecnologias de descarga até alcançar a consolidação do LED, que se posiciona atualmente como o padrão tecnológico mais avançado.

No cenário normativo atual, a ABNT regulamenta especificamente as seguintes tecnologias de lâmpadas:

- Lâmpadas de vapor de mercúrio;
- Lâmpadas de vapor de sódio;
- Lâmpadas de vapor metálico;
- LED.

2.2.1.1 *Lâmpada de Vapor de Mercúrio*

Embora ainda estejam presentes em algumas redes de iluminação pública, as lâmpadas de vapor de mercúrio tornaram-se desvantajosas do ponto de vista econômico. Isso ocorre porque o mercado atual oferece tecnologias bem mais eficientes, que geram a mesma quantidade de luz consumindo muito menos energia.

Além disso, esse modelo depende de reatores para funcionar, componentes que aumentam o consumo total do sistema e são vulneráveis a oscilações e surtos na rede elétrica. O mecanismo de funcionamento se dá por descarga elétrica, dispensando o uso de filamentos: uma corrente gera um arco elétrico dentro de um tubo, aquecendo e vaporizando o mercúrio, o que eleva a pressão interna e produz a luminosidade.

2.2.1.2 *Lâmpada de Vapor de Sódio*

Com um funcionamento similar ao das lâmpadas de mercúrio, os modelos a vapor de sódio (VSO) utilizam o sódio como elemento principal no tubo de descarga, contendo uma quantidade reduzida de mercúrio.

Essa tecnologia divide-se em duas categorias principais: alta e baixa pressão. As lâmpadas de alta pressão são classificadas como fontes de descarga de alta intensidade. Por outro lado, as lâmpadas de baixa pressão operam sob princípios semelhantes, mas trabalham com uma pressão parcial consideravelmente menor.

2.2.1.3 *Lâmpada de Vapor Metálico*

De forma análoga às lâmpadas de mercúrio, os modelos de vapor metálico utilizam uma combinação de compostos no interior do tubo de descarga que gera luminosidade ao ser aquecida por um arco elétrico.

Classificadas pela norma ABNT NBR 5461 como lâmpadas de descarga de alta intensidade, as lâmpadas de vapor metálico e halogenetos metálicos produzem a maior parte de sua luz por meio da radiação dessa mistura gasosa combinada aos produtos da dissociação dos halogenetos. Comercialmente, essa tecnologia fica disponível tanto em versões com bulbo transparente quanto com revestimento luminescente.

2.2.1.4 *LED*

O LED é um componente eletrônico que, ao ser percorrido por corrente elétrica, libera energia na forma de radiação eletromagnética dentro do espectro visível.

Como operam com corrente contínua e baixas tensões, geralmente entre 1,6 e 3,3 V, os LEDs necessitam de drivers específicos para funcionar na rede de distribuição da Celesc em Itajaí/SC. Como a rede local entrega uma tensão nominal de 220 V em corrente alternada (CA), as luminárias públicas devem conter conversores CA-CC que sintonizem a voltagem.

Entre as principais vantagens dessa tecnologia estão o feixe de luz direcionado, a alta eficiência (80 a 200 lm/W), o elevado Índice de Reprodução de Cor (IRC entre 80 e 100), a ausência de metais pesados na composição, a longa vida útil e a versatilidade na escolha da temperatura de cor. Tais fatores consolidam a tecnologia LED como a alternativa mais viável para a iluminação pública moderna.

Outrossim, uma característica técnica relevante do LED é a capacidade de dimerização, que consiste no controle da intensidade luminosa por meio da variação da potência fornecida ao LED, geralmente realizada por técnicas de Modulação por Largura de Pulso (PWM).

2.2.1.5 *Reatores*

Devido à impossibilidade de conexão direta à rede elétrica, o uso de reatores é obrigatório para o funcionamento das lâmpadas de descarga. Esse cenário decorre da necessidade de aplicar uma sobretensão de alguns quilovolts (kV) para a ignição inicial do sistema, além da exigência de um reator em série para limitar a corrente de operação. Sob essas condições de partida e funcionamento, a corrente elétrica consumida acaba se defasando em relação à tensão, além de introduzir uma distorção harmônica considerável no circuito.

Dessa forma, os reatores são componentes críticos em sistemas de iluminação de alta descarga. Sua principal atribuição é estabilizar e regular a corrente que atravessa o meio dielétrico do tubo. Na ausência de um mecanismo de controle, o arco elétrico faria com que a corrente elétrica aumentasse de forma contínua e descontrolada, resultando na queima inevitável da lâmpada.

2.2.1.6 *Relés*

O acionamento das luminárias nas redes de iluminação pública é comandado por relés fotoelétricos. Esses dispositivos realizam a leitura contínua da luz natural do ambiente e, ao identificarem que a luminosidade caiu abaixo de um limite pré-estabelecido, enviam o sinal para ligar as lâmpadas, seja de forma individual ou comandando um grupo integrado de luminárias. Em Itajaí, é possível ver esse equipamento instalado facilmente no topo dos postes de iluminação pública, logo acima das luminárias, em qualquer bairro ou avenida da cidade.

Figura 5 – Relé para IP



Fonte: Exatron (2019).

2.2.1.7 Braços

De acordo com Santana (2010), os braços de iluminação são elementos estruturais fixados nos postes das distribuidoras de energia. A sua função principal é sustentar as luminárias, além de servirem como duto protegido para o encaminhamento da fiação elétrica necessária para o funcionamento do sistema. Adicionalmente, essas peças são dimensionadas para resistir tanto à carga física das próprias luminárias quanto aos impactos ambientais, como a ação dos ventos e as vibrações mecânicas diárias.

2.3 Marco Normativo e Regulatório da Iluminação Pública

A gestão da iluminação pública no Brasil é orientada por dois pilares fundamentais: o pilar técnico, que estabelece como o sistema deve ser projetado e mantido para garantir a segurança; e o pilar regulatório, que define as regras de faturamento e a relação entre o município e a concessionária de energia elétrica.

As normas nacionais são necessárias para regulamentar, delimitar ou especificar os parâmetros da área para criação e implementação dos sistemas de iluminação pública. Entre as principais referências utilizadas estão a ABNT NBR 5461, que apresenta a terminologia aplicada à área de iluminação; a ABNT NBR 5101, que estabelece os critérios para projetos de iluminação pública; a ABNT NBR 5123, referente aos relés fotocontroladores; e a ABNT NBR 15129, que define requisitos para luminárias destinadas à iluminação pública.

Também merecem destaque as normas voltadas aos equipamentos auxiliares dos sistemas de iluminação, como as ABNT NBR 14305 e ABNT NBR 13593, além das normas internacionais incorporadas ao sistema brasileiro de normalização, como a ABNT IEC 60598-1 e a ABNT IEC 62722-2-1, amplamente utilizadas para avaliação do desempenho de luminárias, especialmente aquelas baseadas em tecnologia LED.

A principal referência nacional é a NBR 5101:2024, recentemente atualizada,

que estabelece os requisitos mínimos de iluminação para vias públicas. Esta norma classifica as vias em função dos fluxos de pedestres e veículos, definindo parâmetros como iluminância, uniformidade e controle de ofuscamento. Um dos aspectos relevantes introduzidos e reforçados pela atualização da norma refere-se à eficiência energética e ao controle da poluição luminosa. A norma incentiva a utilização de tecnologias mais eficientes e sistemas capazes de direcionar adequadamente o fluxo luminoso, reduzindo desperdícios de energia e minimizando impactos ambientais causados pela emissão excessiva de luz.

Além dos aspectos técnicos de iluminação, a norma também estabelece diretrizes relacionadas à manutenção e ao desempenho dos sistemas ao longo do tempo, reconhecendo que a eficiência da iluminação pública depende não apenas do projeto inicial, mas também da correta gestão dos ativos instalados. Nesse contexto, a atualização cadastral e o controle das características das luminárias tornam-se elementos fundamentais para garantir conformidade com os parâmetros normativos.

Dessa forma, a NBR 5101:2024 não apenas estabelece critérios técnicos para a qualidade da iluminação pública, mas também evidencia a importância de sistemas de gestão confiáveis e atualizados, especialmente em cenários de modernização tecnológica com a substituição de luminárias convencionais por tecnologia LED. Tal aspecto possui relação direta com os desafios observados no município de Itajaí, onde divergências entre os ativos instalados em campo e os dados cadastrais podem impactar tanto o desempenho do sistema quanto os processos de medição e faturamento de energia elétrica.

Ainda assim, vale ressaltar também a importância da NBR IEC 62722-2-1, uma vez que é uma das principais normas aplicadas às luminárias LED, pois estabelece os requisitos de desempenho para luminárias utilizadas em sistemas de iluminação. Sua importância tornou-se ainda maior com a ampla modernização dos parques de iluminação pública e a substituição das tecnologias convencionais por sistemas em LED.

Essa norma define critérios relacionados ao desempenho fotométrico, elétrico e funcional das luminárias, garantindo que os equipamentos atendam níveis mínimos de qualidade, eficiência e confiabilidade operacional. Entre os principais parâmetros avaliados estão o fluxo luminoso, potência consumida, eficácia luminosa, manutenção do fluxo luminoso ao longo do tempo e vida útil do equipamento. Um dos aspectos mais relevantes da NBR IEC 62722-2-1 refere-se à manutenção do fluxo luminoso das luminárias LED. Diferentemente das tecnologias convencionais, nas quais a falha geralmente ocorre de forma abrupta, os sistemas LED apresentam degradação gradual do fluxo luminoso ao longo do tempo. Dessa forma, a norma estabelece critérios para avaliação da capacidade da luminária de manter níveis adequados de iluminação durante sua vida útil operacional.

Além disso, a norma também contribui para a padronização das informações técnicas fornecidas pelos fabricantes, permitindo maior confiabilidade na especificação e comparação entre diferentes modelos de luminárias. Esse aspecto é especialmente importante para os municípios e concessionárias de energia elétrica, uma vez que características como potência nominal e eficiência energética influenciam diretamente o dimensionamento dos sistemas e os processos de medição e faturamento da iluminação pública.

Dentro do pilar regulatório têm-se as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão responsável pela regulação e fiscalização do setor elétrico nacional. Além dos aspectos relacionados ao fornecimento de energia elétrica, a regulamentação também define responsabilidades administrativas, critérios de faturamento e mecanismos de financiamento destinados à manutenção e modernização dos sistemas de iluminação pública.

Um dos principais marcos legais para o setor foi a criação da Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP), instituída por meio da Emenda Constitucional nº 39/2002. A partir dessa alteração constitucional, os municípios passaram a ter autorização para instituir cobrança específica destinada ao financiamento dos serviços de iluminação pública. Em geral, essa contribuição é arrecadada mensalmente por meio das faturas de energia elétrica dos consumidores e constitui atualmente a principal fonte de recursos utilizada pelos municípios para custeio, manutenção e expansão dos sistemas de iluminação pública.

Inicialmente, a Resolução Normativa nº 414/2010 definiu as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, incluindo a classificação tarifária específica da iluminação pública no Grupo B. A regulamentação também estabeleceu critérios relacionados à operação, manutenção e gestão dos ativos de iluminação pública.

Posteriormente, a Resolução Normativa nº 414/2010 foi revogada e substituída pela Resolução Normativa nº 1.000/2021, que consolidou em um único documento diversas normas anteriormente vigentes no setor elétrico brasileiro. Essa atualização teve como objetivo simplificar e padronizar os procedimentos regulatórios aplicáveis à iluminação pública e às demais unidades consumidoras.

A regulamentação da ANEEL determina que, nos casos em que não há medição individualizada dos pontos de iluminação pública, o consumo de energia elétrica deve ser calculado de forma estimada. Para isso, são considerados parâmetros como quantidade de luminárias instaladas, potência cadastrada dos equipamentos e tempo médio diário de funcionamento do sistema.

Dessa forma, o cadastro técnico da iluminação pública assume papel fundamental nos processos de medição e faturamento da energia elétrica consumida pelos municípios. Informações incorretas ou desatualizadas relativas às características das luminárias instaladas podem gerar divergências entre o consumo real e os valores

faturados pelas concessionárias.

2.3.1 COSIP em Itajaí/SC

No município de Itajaí, a taxa COSIP foi instituída por meio da Lei Complementar nº 19/2002, em conformidade com o Art. 149-A da Constituição Federal. A legislação municipal estabelece que a contribuição é destinada ao custeio dos serviços de iluminação pública, sendo cobrada mensalmente nas faturas de energia elétrica dos consumidores residenciais e não residenciais atendidos pela Celesc.

De acordo com a Lei Complementar nº 19/2002, alterada posteriormente pelas Leis Complementares nº 28/2003 e nº 466/2024, o modelo de arrecadação da COSIP adotado em Itajaí baseia-se em faixas de consumo de energia elétrica e categorias de consumidores. A contribuição possui valores diferenciados para unidades consumidoras residenciais e não residenciais, variando conforme o consumo mensal de energia elétrica em quilowatt-hora (kWh). Dessa forma, consumidores com maior consumo contribuem proporcionalmente mais para o custeio dos serviços de iluminação pública municipal.

A legislação municipal também estabelece que os recursos arrecadados por meio da COSIP devem ser destinados ao Fundo Especial para o Custeio dos Serviços de Iluminação Pública (FECOSIP), responsável pelo financiamento das atividades relacionadas ao sistema de iluminação pública do município. Entre essas atividades incluem-se o fornecimento de energia elétrica, elaboração de projetos, instalação, operação, manutenção, expansão, automatização e modernização das redes de iluminação pública.

As alterações promovidas pela Lei Complementar nº 466/2024 ampliaram ainda mais o escopo dos serviços contemplados pela COSIP, incluindo explicitamente atividades relacionadas à modernização tecnológica e à automatização do sistema de iluminação pública. Além disso, a legislação passou a reconhecer formalmente a possibilidade de delegação dos serviços de iluminação pública a empresas terceirizadas, permitindo que o município celebre contratos para execução de atividades técnicas, operacionais e administrativas relacionadas à gestão do parque de iluminação pública.

2.4 Cadastro Técnico da Iluminação Pública

A gestão de ativos aplicada à iluminação pública transcende o simples registro de luminárias, postes e demais componentes instalados no sistema. Conforme estabelece a ABNT NBR ISO 55000 (ABNT, 2014), a gestão de ativos compreende um conjunto de práticas sistemáticas e coordenadas voltadas ao gerenciamento eficiente e sustentável dos ativos físicos, considerando aspectos relacionados ao desempenho operacional, riscos, custos e ciclo de vida dos equipamentos. Nesse contexto, o parque

de iluminação pública representa um dos mais extensos patrimônios de infraestrutura urbana dos municípios, tornando sua administração fundamental tanto para a qualidade dos serviços prestados à população quanto para a eficiência da aplicação dos recursos públicos.

O cadastro técnico da iluminação pública reúne, portanto, informações referentes às características físicas, elétricas e operacionais dos pontos de iluminação instalados em campo, incluindo dados como localização geográfica, tipo e potência das luminárias, tecnologia empregada, altura dos postes, braços de sustentação, relés fotocontroladores, circuitos de alimentação e demais componentes associados ao sistema.

Historicamente, a manutenção dos sistemas de iluminação pública era realizada predominantemente de forma corretiva, baseada na substituição de componentes apenas após a ocorrência de falhas identificadas por rondas noturnas ou reclamações da população. Entretanto, conforme aponta Ribeiro (2024), a modernização dos parques de iluminação pública, especialmente com a introdução da tecnologia LED e a ampliação dos contratos de terceirização dos serviços, passou a exigir modelos mais avançados de gestão e manutenção preventiva e preditiva.

Nesse novo cenário, a confiabilidade das informações cadastrais torna-se um elemento estratégico para o planejamento operacional e financeiro dos sistemas de iluminação pública. Segundo Mozzini (2022), a gestão eficiente dos ativos depende diretamente da disponibilidade de dados atualizados relacionados à localização dos equipamentos, potência nominal, vida útil, histórico de manutenção e desempenho operacional das luminárias instaladas.

Além das atividades de operação e manutenção, o cadastro técnico possui relação direta com os processos de medição e faturamento da energia elétrica consumida pela iluminação pública. De acordo com a regulamentação estabelecida pela ANEEL por meio da Resolução Normativa nº 1.000/2021, nos casos em que não há medição individualizada dos pontos de iluminação pública, o consumo de energia elétrica pode ser estimado a partir das informações cadastradas junto às concessionárias, considerando parâmetros como potência das luminárias, quantidade de pontos instalados e tempo médio diário de funcionamento do sistema.

Dessa forma, inconsistências entre os ativos efetivamente instalados em campo e os dados registrados nos sistemas cadastrais podem gerar impactos técnicos, operacionais e financeiros significativos. Divergências relacionadas à potência das luminárias, tecnologia empregada ou quantidade de pontos de iluminação podem comprometer tanto a gestão dos ativos quanto a precisão dos valores faturados referentes ao consumo de energia elétrica do sistema.

Além disso, a utilização de bases de dados estruturadas permite otimizar atividades de manutenção, planejamento de expansão, controle de estoques e auditoria

dos níveis de serviço prestados por empresas terceirizadas responsáveis pela operação da iluminação pública. Assim, conforme destaca Ribeiro (2024), a eficiência operacional e financeira dos sistemas modernos de iluminação pública está diretamente associada à qualidade, atualização e confiabilidade do cadastro técnico utilizado na gestão de seus ativos.

2.4.1 Inventário Técnico e o Processo de *As-Built*

O inventário técnico de um parque de iluminação pública deve representar de forma fiel a infraestrutura efetivamente instalada em campo. Para que esse inventário cumpra adequadamente sua função operacional, regulatória e financeira, toda modificação realizada na rede, como substituição de luminárias, alteração de potência, troca de braços ou reposicionamento de postes, necessita de atualização cadastral compatível com as condições reais do sistema. No âmbito da engenharia, o processo de levantamento, conferência e registro das alterações executadas em campo em relação ao projeto original é denominado *As-Built*.

Com a crescente modernização dos parques de iluminação pública, o processo de atualização cadastral passou a assumir papel estratégico na gestão dos ativos. Entretanto, a literatura aponta que a etapa compreendida entre a conclusão física das substituições em campo e a efetiva consolidação do documento *As-Built* representa um dos principais gargalos operacionais da gestão da iluminação pública. Segundo Nunes (2025), quando os levantamentos realizados em campo dependem de registros manuais, planilhas descentralizadas ou processos que exigem posterior digitação e validação em escritório, o tempo necessário para processamento, conferência e homologação das informações tende a aumentar significativamente.

Esse intervalo entre a modernização física do sistema e a atualização efetiva do cadastro técnico gera um cenário de defasagem cadastral. Enquanto as luminárias instaladas em campo já operam com tecnologia LED e menores potências instaladas, os sistemas oficiais de gestão e faturamento podem permanecer baseados em informações antigas, referentes a tecnologias convencionais de maior consumo energético, como vapor de sódio ou vapor de mercúrio. Dessa forma, a morosidade e as falhas associadas aos processos manuais de atualização cadastral acabam comprometendo parte dos benefícios operacionais e financeiros esperados com a modernização tecnológica.

Além do controle operacional interno do município, o documento *As-Built* também possui relevância regulatória e financeira junto às concessionárias de distribuição de energia elétrica. Esses registros técnicos são utilizados para validação das alterações realizadas no parque de iluminação pública e atualização da base de dados utilizada nos processos de estimativa de consumo e faturamento da energia elétrica.

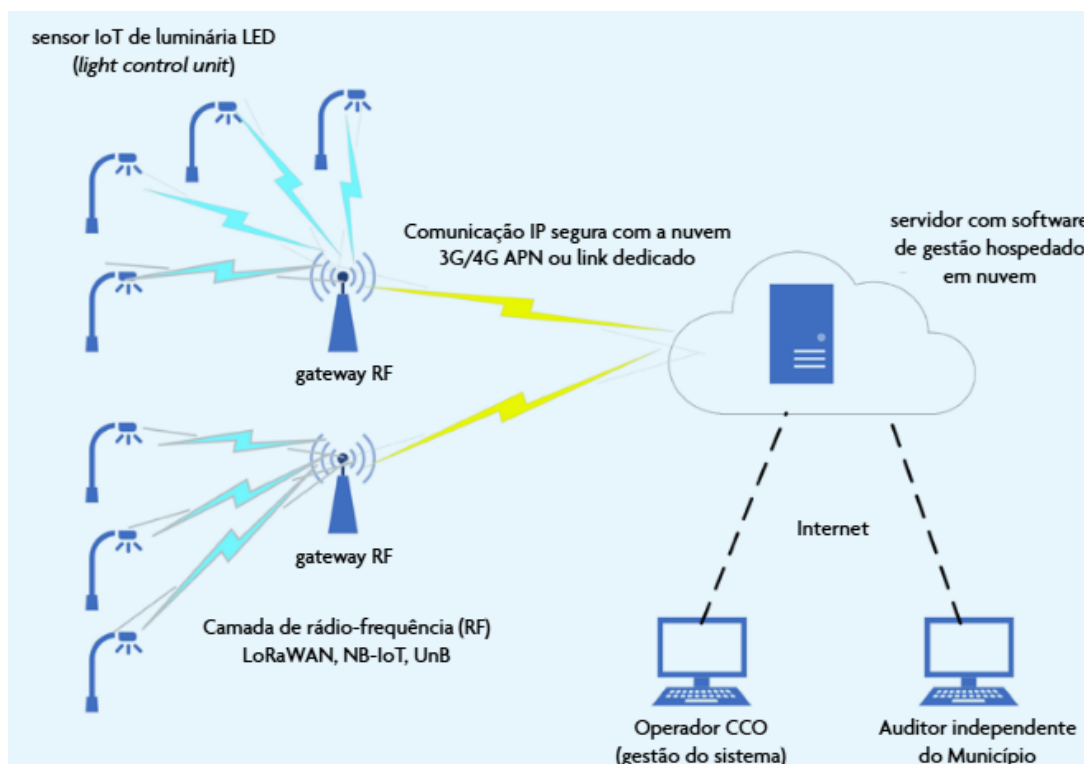
2.5 Telegestão

O avanço da tecnologia LED representou a primeira grande etapa de modernização dos sistemas de iluminação pública no Brasil, concentrando-se principalmente na redução do consumo de energia elétrica e no aumento da eficiência energética dos parques de iluminação pública. Entretanto, estudos recentes apontam que o potencial dessa modernização vai além da simples substituição das luminárias convencionais, sendo ampliado significativamente pela integração dos sistemas de iluminação a plataformas inteligentes de monitoramento e controle, inserindo os municípios no contexto das chamadas *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes.

Nesse cenário, a telegestão destaca-se como uma das principais tecnologias aplicadas à gestão moderna da iluminação pública. Conforme descreve Ribeiro (2024), a telegestão consiste em um sistema automatizado de monitoramento e controle remoto capaz de gerenciar individualmente ou em grupos os pontos de iluminação pública distribuídos ao longo da rede urbana. O sistema é composto por luminárias equipadas com drivers inteligentes e dispositivos de comunicação instalados, geralmente, junto ao relé fotocontrolador, permitindo a troca contínua de informações entre os ativos instalados em campo e uma central de controle operacional.

A comunicação entre os dispositivos ocorre por meio de redes sem fio, utilizando protocolos específicos de transmissão de dados, como LoRaWAN, Wi-SUN ou redes celulares. Essas informações são encaminhadas em tempo real para plataformas de gerenciamento, normalmente hospedadas em servidores locais ou ambientes em nuvem, possibilitando o acompanhamento contínuo das condições operacionais do sistema de iluminação pública.

Figura 6 – Arquitetura simplificada de um sistema de telegestão.



Fonte: Mattos (2023).

Outro aspecto relevante da telegestão refere-se à possibilidade de controle dinâmico do fluxo luminoso das luminárias, processo conhecido como dimerização. Conforme destacado por Ribeiro (2024), essa funcionalidade permite ajustar automaticamente os níveis de iluminação de acordo com horários específicos ou condições operacionais das vias públicas, reduzindo o fluxo luminoso em períodos de menor circulação de veículos e pedestres. Dessa forma, além da eficiência já proporcionada pela tecnologia LED, a dimerização contribui para a obtenção de economias adicionais de energia elétrica e aumento da vida útil dos equipamentos.

Além dos benefícios operacionais, a telegestão também apresenta impactos relevantes nos processos regulatórios, cadastrais e financeiros associados à iluminação pública. Ao registrar automaticamente informações relacionadas ao consumo de energia, tempo de funcionamento, potência efetivamente utilizada e histórico operacional de cada ponto de iluminação, o sistema passa a gerar uma base de dados precisa, atualizada e auditável em tempo real.

Essa característica reduz significativamente a dependência de processos manuais de atualização cadastral. Assim, alterações realizadas nos ativos de iluminação pública podem ser registradas instantaneamente nos sistemas de gestão, proporcionando maior confiabilidade das informações utilizadas tanto pelo município quanto pelas concessionárias de energia elétrica nos processos de medição estimada e faturamento do consumo energético.

Nesse contexto, a utilização da telegestão contribui diretamente para a redução de inconsistências entre os ativos efetivamente instalados em campo e os dados cadastrados nos sistemas das concessionárias, promovendo maior sincronização entre inventário técnico, operação do sistema e faturamento da energia elétrica da iluminação pública.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, incluindo a caracterização do estudo, a definição da área analisada, os métodos de coleta de dados e os procedimentos utilizados para análise das inconsistências cadastrais identificadas no sistema de iluminação pública do município de Itajaí.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esta pesquisa possui natureza aplicada, pois analisa problemas práticos relacionados à gestão e à atualização cadastral da iluminação pública de Itajaí, buscando contribuir para o aprimoramento dos processos de controle e gestão desses ativos.

A metodologia adota uma abordagem quali-quantitativa. A análise qualitativa contempla a avaliação dos processos de atualização cadastral junto à concessionária de energia, incluindo fluxo documental, projetos, documentos *As-Built* e validação das informações técnicas. Já a análise quantitativa baseia-se no levantamento e comparação de dados cadastrais e técnicos obtidos junto ao município, à concessionária e à empresa responsável pela manutenção da iluminação pública.

Os procedimentos metodológicos envolveram revisão bibliográfica, análise documental e levantamento de dados técnicos. Também foram comparados inventários cadastrais, permitindo identificar inconsistências e avaliar a atualização das informações durante o processo de modernização do sistema.

3.2 Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa corresponde ao sistema de iluminação pública do município de Itajaí/SC, que vem passando por um processo de modernização com a substituição de luminárias convencionais por tecnologia LED.

O município foi selecionado devido à identificação de divergências entre os ativos instalados em campo e os dados cadastrados junto à concessionária de energia elétrica, incluindo diferenças de potência, tecnologias incompatíveis e registros de ativos inexistentes.

Além disso, o processo de atualização cadastral ocorre por meio de procedimentos predominantemente manuais, o que pode ocasionar atrasos na atualização das informações. Dessa forma, Itajaí apresenta condições adequadas para analisar os impactos técnicos, operacionais e financeiros decorrentes da defasagem cadastral em sistemas de iluminação pública em processo de modernização.

3.3 Coleta de Dados

A coleta de dados desta pesquisa foi realizada por meio de análise documental e levantamento de informações técnicas relacionadas ao sistema de iluminação pública do município de Itajaí. Os dados utilizados foram obtidos a partir de registros cadastrais disponibilizados pela concessionária de energia elétrica, documentos técnicos fornecidos pela administração municipal e informações operacionais da empresa terceirizada responsável pelos serviços de manutenção e modernização do parque de iluminação pública.

Além dos cadastros da concessionária, também foram utilizados dados técnicos fornecidos pela empresa terceirizada responsável pela operação do sistema de iluminação pública municipal, incluindo informações referentes às luminárias efetivamente instaladas em campo, características dos equipamentos substituídos e registros associados aos processos de modernização com tecnologia LED.

A coleta de dados contemplou ainda documentos relacionados aos processos de atualização cadastral junto à concessionária de energia elétrica, incluindo projetos de modernização, registros *As-Built* e demais informações técnicas utilizadas para solicitação de alteração dos ativos cadastrados.

A partir dessas informações, foi realizada a comparação entre os dados presentes nos sistemas cadastrais da concessionária e as características observadas nos ativos efetivamente instalados em campo, possibilitando a identificação de divergências relacionadas à potência das luminárias, tecnologia cadastrada e existência física dos pontos de iluminação registrados no inventário oficial.

3.4 Procedimentos de Análise

Os procedimentos de análise adotados nesta pesquisa foram desenvolvidos com o objetivo de identificar e avaliar inconsistências existentes entre os dados cadastrados.

Inicialmente, foi realizada a organização e consolidação das bases de dados obtidas junto à concessionária de energia elétrica e à empresa terceirizada responsável pela operação e modernização do parque de iluminação pública municipal. Posteriormente, os dados foram comparados de forma individualizada, considerando informações como potência nominal das luminárias, tecnologia empregada e existência física dos ativos cadastrados.

As divergências identificadas foram classificadas em diferentes categorias:

- Divergência de Potência Nominal em Tecnologia LED: Casos em que o ponto de luz está corretamente catalogado como LED, mas apresenta potências nominais discrepantes entre as bases (como uma luminária operando em campo com carga diferente daquela faturada pela concessionária);

- Defasagem Tecnológica de Ativos (LED vs. VSO): Situações em que a empresa terceirizada já executou a modernização para a tecnologia LED na via pública, porém o cadastro da distribuidora permanece registrando sistemas convencionais, gerando faturamento de potências e perdas de reatores obsoletas;
- Pontos Inexistentes ou Fictícios: Ocorrências em que constam luminárias ativas na base de cobrança da concessionária, mas a verificação física constatou a inexistência de qualquer equipamento ou ponto de consumo real instalado.

A partir das análises realizadas, buscou-se compreender os impactos operacionais, técnicos e financeiros decorrentes da defasagem cadastral observada no sistema de iluminação pública municipal.

Por fim, os resultados obtidos foram utilizados para discutir possíveis alternativas voltadas à melhoria dos processos de atualização cadastral, incluindo a aplicação de tecnologias de telegestão e automação dos sistemas de iluminação pública.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos a partir da comparação entre os dados cadastrais da concessionária de energia elétrica e as informações operacionais disponibilizadas pela empresa responsável pela iluminação pública municipal.

Inicialmente, são apresentados os aspectos relacionados ao processo de modernização do parque de iluminação pública municipal e ao fluxo de atualização cadastral exigido pela concessionária de energia elétrica. Em seguida, são discutidas as principais inconsistências identificadas entre os ativos efetivamente instalados e o cadastro utilizado para fins de faturamento da iluminação pública.

A partir dessas análises, busca-se demonstrar os impactos operacionais e financeiros decorrentes da defasagem cadastral existente no sistema de iluminação pública municipal, especialmente em cenários de modernização tecnológica acelerada com substituição de luminárias convencionais por tecnologia LED.

4.1 Contextualização da Parceria Público-Privada

O panorama da infraestrutura de iluminação pública do município de Itajaí passou por um processo significativo de reestruturação a partir de agosto de 2023, quando a administração municipal, por meio da Secretaria de Obras, firmou a primeira Parceria Público-Privada (PPP) do município na modalidade de concessão administrativa voltada ao sistema de iluminação pública (PREFEITURA DE ITAJAÍ, 2023).

Nesse contexto, a empresa terceirizada QLuz Itajaí passou a assumir a operação, manutenção, expansão e modernização tecnológica de todo o parque de iluminação pública municipal pelo período de 25 anos (PREFEITURA DE ITAJAÍ, 2023). O contrato estabeleceu metas de efficientização energética e modernização da infraestrutura luminotécnica do município.

Entre as principais diretrizes previstas para a fase inicial da concessão destaca-se a substituição acelerada das luminárias convencionais por tecnologia LED. O cronograma contratual previa atingir aproximadamente 50% da rede modernizada nos primeiros seis meses de execução contratual, bem como a substituição integral das luminárias convencionais remanescentes em prazo aproximado de um ano (PREFEITURA DE ITAJAÍ, 2023).

Além da modernização física da infraestrutura luminotécnica, o contrato também previa a implantação de sistemas de telegestão. Segundo a Prefeitura Municipal de Itajaí (2023), a implementação dessa tecnologia permitirá tanto à concessionária responsável quanto à Secretaria Municipal de Obras realizar o monitoramento e geren-

ciamento remoto dos ativos distribuídos pela cidade. Ainda conforme divulgado pela administração municipal, a modernização do sistema não implicaria aumento imediato dos valores cobrados da população referentes à COSIP, existindo expectativa de futura redução da contribuição em decorrência da economia energética proporcionada pela efficientização do parque de iluminação pública.

4.2 Processo de Atualização Cadastral junto à Celesc

Após a execução das obras de modernização da iluminação pública, as alterações realizadas nos ativos instalados em campo necessitam ser formalmente atualizadas junto à Celesc, concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica no município de Itajaí.

Conforme estabelece a Norma Técnica N-321.0008 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA, da Celesc, todas as modificações e intervenções realizadas na rede de iluminação pública devem ser comunicadas à concessionária, uma vez que, o faturamento da energia elétrica consumida pela IP é realizado, com base nas informações presentes no inventário técnico da concessionária, incluindo quantidade de pontos de iluminação, tecnologia das luminárias e potências instaladas.

Ainda segundo a norma, as prefeituras municipais devem encaminhar à concessionária, em até 30 dias após a execução das intervenções em campo, as informações referentes às novas instalações e modificações realizadas nos sistemas de iluminação pública. O envio dessas informações ocorre por meio da plataforma Agência Web Celesc, utilizando o perfil denominado “Atualização de IP”, destinado aos responsáveis técnicos cadastrados pelas administrações municipais.

O processo de atualização cadastral envolve a elaboração de projetos e documentos do tipo *As-Built*, contendo informações detalhadas dos ativos efetivamente instalados em campo, para atualização do inventário da iluminação pública municipal. Após a elaboração da documentação técnica, os projetos são encaminhados à concessionária para análise e homologação das alterações solicitadas.

No município de Itajaí, parte significativa desse fluxo operacional ocorre de forma manual. Como os projetos são desenvolvidos ponto a ponto, contendo as características técnicas individualizadas de cada luminária substituída, o processo de elaboração da documentação técnica demanda elevado volume de conferência e validação das informações coletadas em campo.

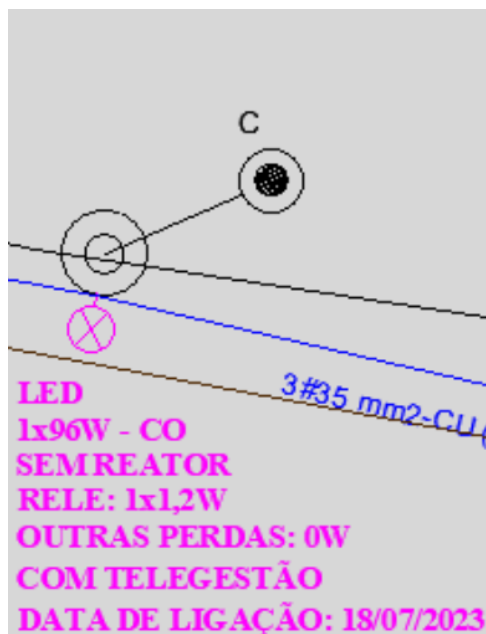
Além disso, a própria atualização cadastral realizada pela Celesc também ocorre de forma individualizada para cada ponto de iluminação pública, exigindo análise, conferência e homologação das alterações encaminhadas pela empresa responsável pela modernização do sistema. Dessa forma, considerando a dimensão do parque de iluminação pública municipal e o elevado volume de substituições executadas durante

o processo de modernização tecnológica, pode ocorrer um intervalo significativo entre a execução física das alterações em campo e a efetiva atualização das informações registradas junto à concessionária de energia elétrica.

Nesse período, o faturamento da iluminação pública pode permanecer baseado em dados desatualizados, gerando divergências entre os ativos efetivamente instalados e o cadastro utilizado pela concessionária para cálculo do consumo estimado do sistema de iluminação pública municipal.

A Figura 7 apresenta um exemplo do detalhamento técnico exigido pela Celesc nos projetos de atualização cadastral da iluminação pública. Conforme estabelecido na Norma Técnica N-321.0008, a concessionária exige que as alterações sejam apresentadas de forma individualizada para cada ponto de iluminação, não sendo aceitas atualizações simplificadas por meio de planilhas genéricas ou processos em lote.

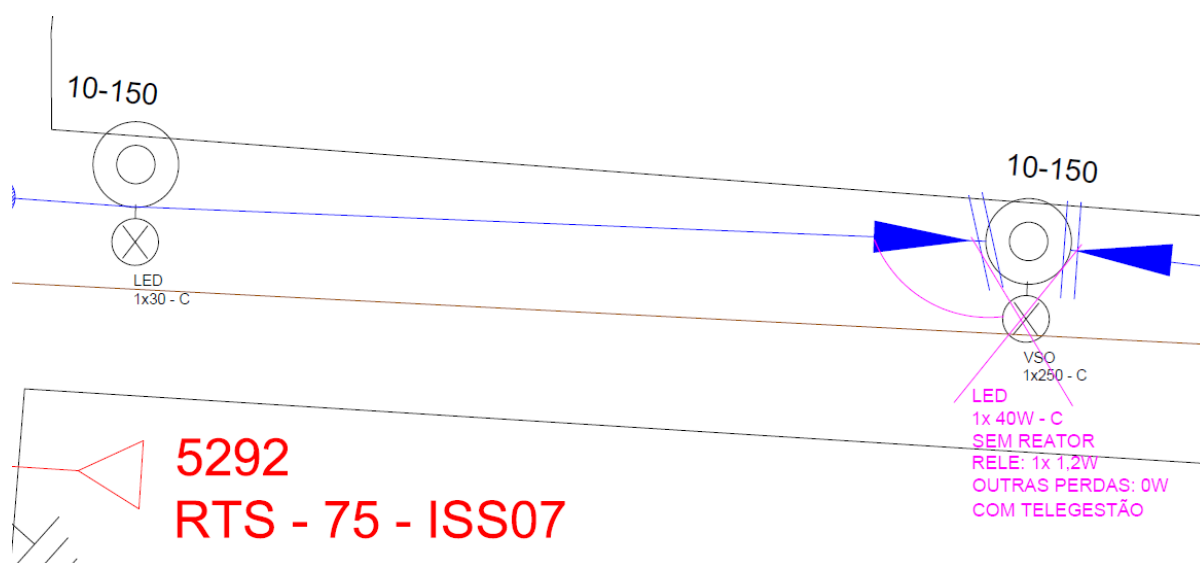
Figura 7 – Exemplo de atualização cadastral da iluminação pública.



Fonte: Celesc Distribuição S.A. – Norma Técnica N-321.0008

Na Figura 8, é possível observar um projeto enviado pela QLuz para a concessionária, evidenciando a complexidade do processo de atualização cadastral da iluminação pública. Conforme exigido pela Celesc, cada ponto de iluminação deve ser documentado individualmente, contendo informações técnicas como potência da luminária, perdas associadas, tecnologia empregada, localização e data de instalação. Esse nível de detalhamento demanda atividades de conferência, validação e elaboração documental para cada ativo modificado, o que pode contribuir para o aumento do tempo necessário entre a execução das obras em campo e a efetiva atualização do cadastro da concessionária.

Figura 8 – Projeto desenvolvido pela QLuz.



Fonte: QLuz (2026).

Para facilitar os processos de atualização cadastral, os projetistas de IP da cidade de Itajaí possuem acesso ao sistema da Celesc chamado GeoIP, através do qual conseguem:

- consultar o cadastro de IP da sua respectiva área geográfica;
- a extração em DWG de uma área de seu município contendo os pontos de IP sem medição que se encontram cadastrados no sistema técnico georreferenciado – Genesis.

A Figura 9 apresenta o portal GeoIP - Genesis, disponibilizado pela Celesc aos municípios para consulta e gerenciamento dos ativos de iluminação pública cadastrados. Por meio dessa plataforma foram obtidas parte das informações utilizadas nesta pesquisa, incluindo dados cadastrais dos pontos de iluminação pública e os relatórios de totalização de lâmpadas por proprietário, que serviram como base para as análises comparativas realizadas ao longo do estudo.

Figura 9 – Portal GeolP - Genesis



Fonte: Celesc (2026).

4.3 Divergências entre os Ativos Instalados e o Cadastro da Concessionária

A partir da comparação entre as bases cadastrais da Celesc, observadas pelo Portal GeolP - Genesis, e as informações disponibilizadas pelo sistema interno da QLuz, foram identificadas diversas inconsistências cadastrais no sistema de iluminação pública do município de Itajaí.

As divergências identificadas estão relacionadas principalmente às informações técnicas cadastradas junto à concessionária, incluindo diferenças de potência das luminárias, incompatibilidade entre a tecnologia cadastrada e a instalada em campo, além da existência de ativos registrados sem correspondente físico identificado.

A partir dos dados cadastrais obtidos por meio do portal GeolP/Genesis da Celesc e dos inventários disponibilizados pela QLuz, foi realizada uma análise comparativa entre as bases de dados com o objetivo de quantificar as divergências cadastrais existentes. A comparação considerou a quantidade de ativos registrados em cada inventário, permitindo avaliar a consistência das informações utilizadas na gestão da iluminação pública municipal. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de inventários

Tecnologia	Cadastro Celesc	Cadastro QLuz
LED	21466	28007
Vapor de Sódio	1668	172
Vapor Metálico	140	20
Vapor de Mercúrio	100	15
Mista	71	-

Fonte: Autor (2026).

Observa-se que o cadastro operacional da QLuz apresenta predominância quase total de luminárias com tecnologia LED, contabilizando aproximadamente 28.007 ativos. Em contrapartida, o cadastro da Celesc registra 21.466 luminárias LED, além de manter quantidades significativamente superiores de tecnologias convencionais, sendo 1.668 luminárias de vapor de sódio, 140 luminárias de vapor metálico, 100 luminárias de vapor de mercúrio e 71 luminárias mistas.

Enquanto que no inventário da QLuz, foram identificadas apenas 172 luminárias de vapor de sódio, 20 luminárias de vapor metálico e 15 luminárias de vapor de mercúrio.

As diferenças observadas entre os inventários demonstram a existência de defasagens cadastrais entre a base operacional utilizada pela empresa responsável pela manutenção do sistema e o cadastro técnico adotado pela concessionária para fins de faturamento da energia elétrica da iluminação pública municipal.

Considerando que o faturamento da iluminação pública é realizado com base nas informações presentes no cadastro técnico da concessionária, eventuais inconsistências podem impactar diretamente a estimativa do consumo de energia elétrica do sistema, gerando reflexos operacionais e financeiros para o município. As principais divergências identificadas são apresentadas nas subseções a seguir.

4.3.1 Cenário 1: Inconsistência de Potência Nominal em Luminárias LED

Nesta primeira categoria, observou-se que tanto o cadastro da Celesc quanto o inventário da QLuz reconhecem a modernização dos ativos para tecnologia LED. Entretanto, foram identificadas divergências significativas entre as potências.

Um exemplo identificado durante a pesquisa ocorreu na Avenida Marcos Konder, localizada no centro da cidade, sendo uma importante via urbana do município. Após a execução de obras de melhoria da rede elétrica, foram instalados pontos de iluminação com duas luminárias LED: uma luminária de LED de 120 W, destinada à iluminação da pista de rolamento, e uma luminária de LED de 40 W, direcionada ao passeio público, totalizando uma potência real instalada de 160 W por conjunto.

Figura 10 – Poste com os pontos de iluminação na Av. Marcos Konder.



Fonte: A autora (2026).

Ao observar a luminária, é possível enxergar a etiqueta que indica a potência instalada em cada ponto, de forma que confirma a informação de que há 40 W para o passeio e 120 W para pista de rolamento.

Figura 11 – Luminária da pista de rolamento - Av. Marcos Konder.



Fonte: A autora (2026).

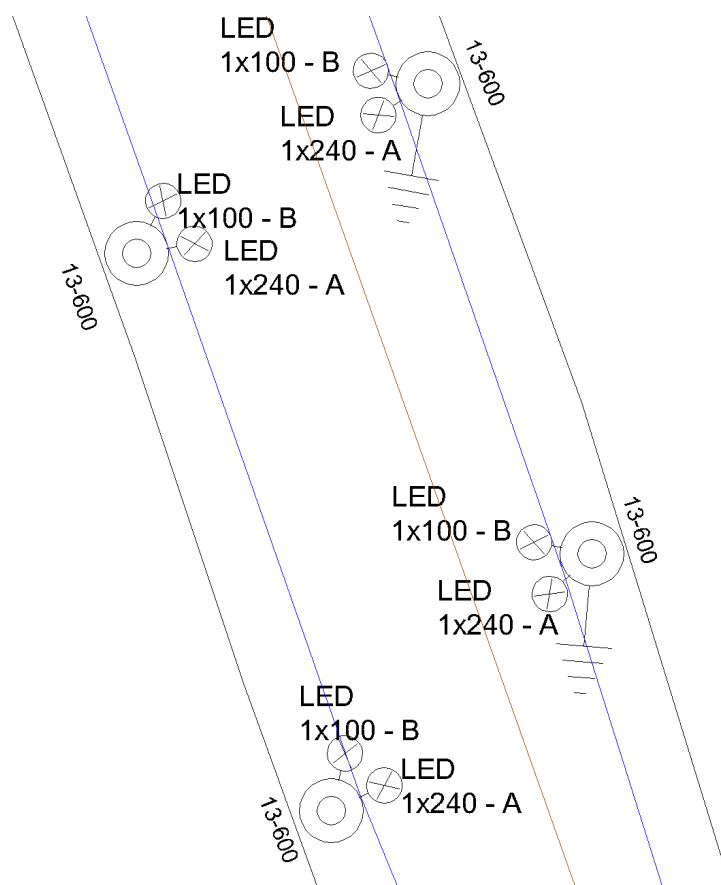
Figura 12 – Luminária do passeio - Av. Marcos Konder.



Fonte: A autora (2026).

Entretanto, verificou-se que as informações registradas no cadastro da concessionária divergiam das características técnicas efetivamente instaladas em campo. A Figura 13 apresenta um recorte do cadastro da Celesc, evidenciando os valores de potência registrados para os ativos instalados na Avenida Marcos Konder.

Figura 13 – Recorte do cadastro da Celesc - Av. Marcos Konder.



Fonte: Sistema da Celesc (2026).

Observa-se, que o cadastro da Celesc registra para os conjuntos analisados as potências de 240 W e 100 W.

Para mensurar a magnitude dessa inconsistência ao longo de toda a extensão da avenida, os dados coletados em campo pela QLuz foram cruzados e quantificados, resultando no panorama apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Balanço Geral de Ativos e Potência

Tipo de lâmpada	Quantidade	Potência em campo (W)	Potência no cadastro (W)
Iluminação da via	68	120	240
Iluminação passeio	62	40	100

Fonte: Autor (2026).

A partir da análise da tabela acima, é possível mensurar com precisão a magnitude do excedente de carga inserido no faturamento da Avenida Marcos Konder. A análise dos dados permite afirmar que registro incorreto da IP se converte em um impacto cumulativo para as finanças do município, conforme demonstrado pelos cálculos a seguir.

- Para o sistema de iluminação da via há uma diferença unitária de 120 W, multiplicada pelos 68 pontos instalados resulta em um excedente de 8160 W.
- Já no sistema voltado para o passeio público, há uma defasagem de 60 W distribuída pelas 62 luminárias, o que gera um acréscimo indevido de 3720.

Somando-se os dois sistemas, a distribuidora fatura o município por uma potência excedente total de 11,88 quilowatts (kW). Considerando o regime de operação por estimativa regulamentado pela Resolução Normativa da ANEEL, que estabelece o padrão de doze horas médias de acendimento diário (360 horas mensais), o impacto energético derivado dessa inconsistência cadastral é calculado por:

$$\text{Consumo Excedente Diário} = 11,88 \text{ kW} \cdot 12 \text{ h} = 142,6 \text{ kWh/dia} \quad (4)$$

$$\text{Consumo Excedente Mensal} = 142,6 \text{ kWh/dia} \cdot 30 \text{ dias} = 4.278 \text{ kWh/mês} \quad (5)$$

Isso significa que, mensalmente, o município de Itajaí é cobrado por 4.278 kWh de energia que nunca foi efetivamente consumida na Avenida Marcos Konder.

4.3.2 **Cenário 2: Divergência entre Tecnologia Instalada e Tecnologia Cadastrada**

Esta segunda categoria de inconsistência caracteriza situações em que a modernização física da iluminação pública já foi integralmente executada em campo, porém o cadastro utilizado pela Celesc permanece registrando tecnologias convencionais obsoletas, especialmente VSO.

Além da elevada potência dessas tecnologias, o impacto da defasagem cadastral torna-se ainda mais significativo devido à inclusão das perdas associadas aos reatores eletromagnéticos no cálculo do faturamento estimado da iluminação pública do subgrupo B4a. Conforme os parâmetros adotados pela concessionária, uma luminária de vapor de sódio de 250 W possui acréscimo estimado de 30 W referentes às perdas do reator, totalizando uma carga cadastrada de 280 W por ponto.

Um exemplo dessa divergência foi identificado na Rua Antônio Victor Gonçalves, no bairro Salseiros. De acordo com o cadastro da concessionária, a via possuía 14 luminárias de vapor de sódio de 250 W ativas no sistema de faturamento, como mostra a Figura 14. Entretanto, a verificação em campo constatou que os pontos já haviam sido integralmente modernizados com luminárias LED de apenas 40 W.

Figura 14 – Ponto de iluminação na Rua Antônio Victor Gonçalves.



Fonte: A autora (2026).

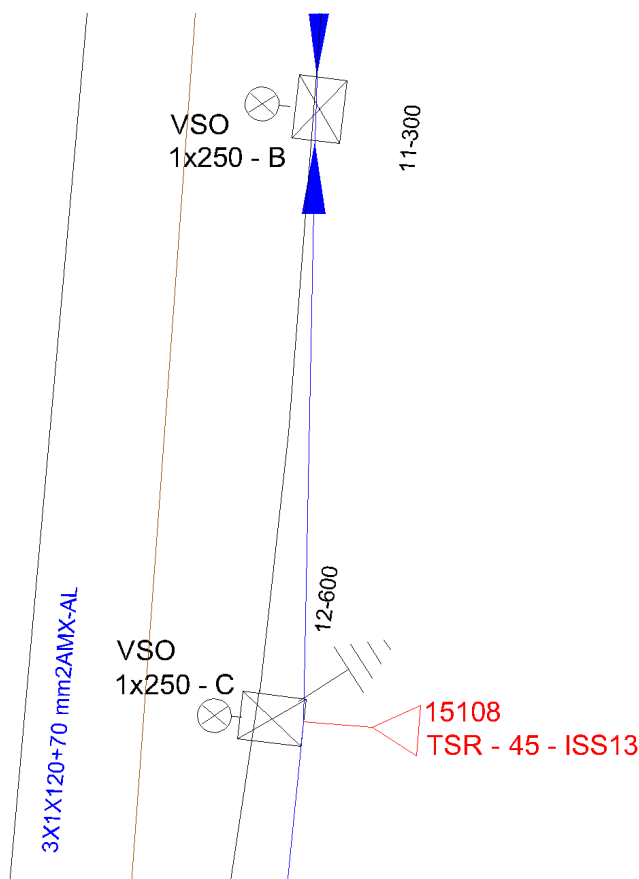
Ao analisar a etiqueta da luminária, observou-se a potência instalada de 40W.

Figura 15 – Luminária de 40 W na Rua Antônio Victor Gonçalves.



Fonte: A autora (2026).

Figura 16 – Recorte do cadastro da Celesc - Rua Antônio Victor Gonçalves.



Fonte: Sistema da Celesc (2026).

Enquanto o município consome efetivamente 40 W por ponto, a distribuidora aplica uma cobrança baseada em 280 W, gerando um excedente de potência nominal de 240 W em cada uma das estruturas luminotécnicas da via. Ao multiplicar essa defasagem unitária pelos 14 ativos instalados no logradouro, constata-se que o município é faturado por uma demanda excedente de 3.360 W (3,36 kW).

Considerando o regime regulamentar de doze horas médias de acendimento diário (360 horas mensais), o impacto energético decorrente do atraso na transição cadastral deste logradouro é calculado pelas equações a seguir:

$$\text{Consumo Excedente Diário} = 3,36 \text{ kW} \cdot 12 \text{ h} = 40,32 \text{ kWh/dia} \quad (6)$$

$$\text{Consumo Excedente Mensal} = 40,32 \text{ kWh/dia} \cdot 30 \text{ dias} = 1.209,60 \text{ kWh/mês} \quad (7)$$

O resultado obtido demonstra que, mesmo após a modernização da via com tecnologia LED, o município permanece sendo faturado com base em uma configuração técnica que já não corresponde à infraestrutura efetivamente instalada no sistema,

gerando cobrança por uma carga superior à efetivamente consumida e, consequentemente, prejuízos financeiros contínuos aos cofres públicos municipais.

4.3.3 **Cenário 3: Ativos Cadastrados sem Correspondência Física em Campo**

Nesta terceira categoria, foram identificados ativos registrados no cadastro da Celesc sem correspondente físico identificado em campo.

Observa-se que uma dessas inconsistências ocorre na Rua Manoel Zeferino Teixeira, no bairro São João. A via possui postes de energia elétrica em ambos os lados da rua, porém o sistema de iluminação pública encontra-se atualmente instalado apenas em um dos lados, como mostra a Figura 17.

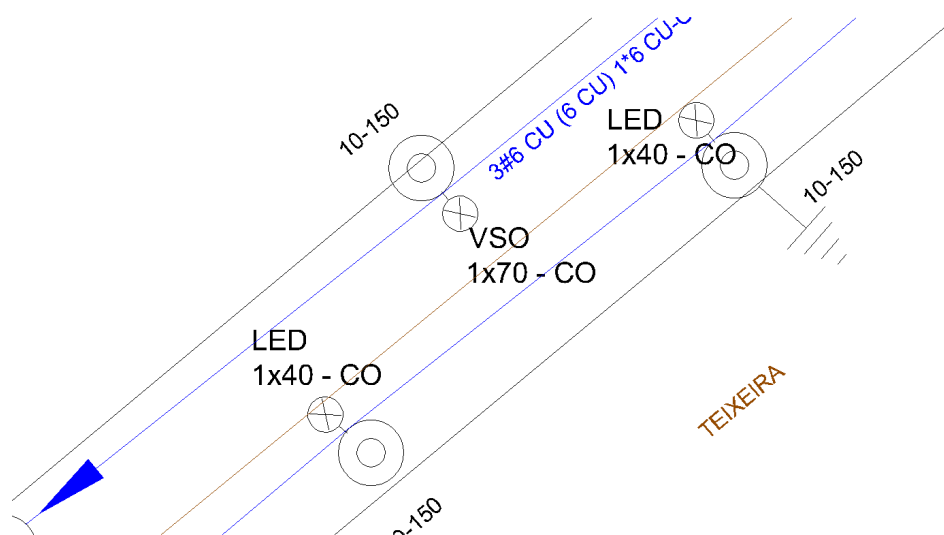
Figura 17 – Pontos de iluminação da Rua Manoel Zeferino Teixeira



Fonte: A autora (2026).

Entretanto, verificou-se que o cadastro da concessionária ainda mantém ativos registrados no lado oposto da via, onde as estruturas de iluminação pública já não existem fisicamente em campo.

Figura 18 – Recorte do cadastro da Celesc - Rua Manoel Zeferino Teixeira.



Fonte: Sistema da Celesc (2026).

Para dimensionar o impacto em termos de faturamento por estimativa do subgrupo B, deve-se considerar, conforme os parâmetros adotados pela Celesc, que cada lâmpada de Vapor de Sódio de 70 W carrega uma perda tabelada de reator de 14 W, totalizando uma carga virtual cobrada de 84 W por ponto. Ao multiplicar essa potência unitária pelos 11 ativos inexistentes, constata-se que o município de Itajaí é faturado por uma demanda excedente de 924 W (0,924 kW).

Atribuindo o padrão regulamentar já citado anteriormente de doze horas médias de acendimento diário, o impacto energético gerado por essa inconsistência cadastral é calculado pelas equações a seguir:

$$\text{Consumo Excedente Diário} = 0,924 \text{ kW} \cdot 12 \text{ h} = 11,088 \text{ kWh/dia} \quad (8)$$

$$\text{Consumo Excedente Mensal} = 11,088 \text{ kWh/dia} \cdot 30 \text{ dias} = 332,64 \text{ kWh/mês} \quad (9)$$

Os dados revelam que o município absorve mensalmente uma cobrança indevida de 332,64 kWh.

É importante ressaltar que a situação identificada na Rua Manoel Zeferino Teixeira, como as outras aqui já citadas, não representa um caso isolado, mas sim um indicativo de inconsistências cadastrais que podem estar presentes em diferentes regiões do município. Os 11 pontos fictícios identificados nessa via representam apenas uma parcela das divergências acumuladas ao longo do tempo entre o cadastro da concessionária e a infraestrutura efetivamente existente em campo.

4.4 Impacto Econômico-Financeiro

A quantificação das divergências identificadas permite evidenciar os impactos financeiros decorrentes das inconsistências cadastrais no sistema de iluminação pública de Itajaí. Como o faturamento é baseado nas informações registradas no inventário da Celesc, atrasos na atualização cadastral e divergências nos ativos podem resultar em cobranças superiores ao consumo efetivo do sistema.

Para a conversão dos valores energéticos excedentes em impacto monetário, adotou-se como referência a tarifa de fornecimento de energia elétrica da Celes, regulamentada pela norma N-321.0008. Tomando como base o Subgrupo B (Iluminação Pública - Rede de Distribuição, sem tributos) como mostra a Figura 19, o valor de referência estabelecido é de R\$ 382,62/MWh (o que equivale a R\$ 0,38262/kWh). A seguir, apresenta-se a análise individualizada do impacto financeiro para cada um dos cenários auditados.

Figura 19 – Tarifa de energia elétrica para iluminação pública (Grupo B) da Celesc.

Tarifa de Iluminação Pública-Grupo B (sem tributos)		
Subgrupos	Classificação	Energia R\$/MWh
B4a	Iluminação Pública - Rede de Distribuição	382,62

Fonte: Celesc (2026).

- **Análise do Cenário 1:**

O excedente de potência faturado nos 68 pontos da via e nos 62 pontos do passeio resulta em uma demanda virtual extra de 11.880 W (11,88 kW). O impacto energético foi calculado em 4.248 kWh/mês. Aplicando-se a tarifa referencial de R\$ 0,38262/kWh sobre essa sobra, determinam-se os prejuízos mensais e anuais específicos deste logradouro:

$$\text{Prejuízo Mensal} = 4.278 \text{ kWh} \cdot \text{R\$}0,38262/\text{kWh} = \text{R\$}1.636,85 \quad (10)$$

$$\text{Prejuízo Anual} = \text{R\$}1.636,85 \cdot 12 \text{ meses} = \text{R\$}19.642,20 \quad (11)$$

- Análise do Cenário 2:

O descompasso regulatório mantém o faturamento baseado na tecnologia obsoleta de Vapor de Sódio de 250 W e nas perdas contratuais do reator (30 W), resultando em uma carga cadastrada de 280 W por ponto. Como mostrado anteriormente, o consumo de energia faturado indevidamente por mês é de 1.209,60 kWh/mês. Então, O cálculo do impacto financeiro para esta rua resulta em:

$$\text{Prejuízo Mensal} = 1.209,60 \text{ kWh} \cdot \text{R\$}0,38262/\text{kWh} = \text{R\$}462,82 \quad (12)$$

$$\text{Prejuízo Anual} = \text{R\$}462,82 \cdot 12 \text{ meses} = \text{R\$}5.553,84 \quad (13)$$

- Análise do Cenário 3:

O terceiro cenário representa a condição mais crítica de vulnerabilidade cadastral, caracterizada pela cobrança por pontos que já foram retirados da fiação real. Na Rua Manoel Zeferino Teixeira, o sistema comercial da concessionária mantém ativos no faturamento 11 pontos inexistentes de Vapor de Sódio de 70 W.

Acrescendo-se os 14 W relativos à perda tabelada do reator eletromagnético, a distribuidora cobra o município por uma carga fictícia de 84 W por unidade, tendo uma potência faturada de 924 W (0,924 kW). O impacto energético mensal decorrente desta inconsistência de existência física totaliza 332,64 kWh/mês. A conversão monetária deste desperdício revela os seguintes valores:

$$\text{Prejuízo Mensal} = 332,64 \text{ kWh} \cdot \text{R\$}0,38262/\text{kWh} = \text{R\$}127,27 \quad (14)$$

$$\text{Prejuízo Anual} = \text{R\$}127,27 \cdot 12 \text{ meses} = \text{R\$}1.527,24 \quad (15)$$

As análises monetárias apresentadas comprovam que, considerando uma amostra restrita a apenas três vias públicas do município, há um prejuízo anual estimado em:

$$\text{Prejuízo Anual Acumulado} = \text{R\$}19.642,20 + \text{R\$}5.553,84 + \text{R\$}1.527,24 = \text{R\$}26.723,28 \quad (16)$$

Quando esse diagnóstico pontual é projetado para a escala de todo o parque de iluminação pública municipal, observa-se que os impactos financeiros decorrentes das inconsistências cadastrais podem atingir proporções significativamente maiores. Nesse contexto, os resultados reforçam a importância da adoção de ferramentas mais

eficientes de gestão, auditoria e conciliação cadastral, capazes de reduzir o intervalo entre as alterações executadas em campo e a efetiva atualização das informações utilizadas pela concessionária para fins de faturamento da energia elétrica da iluminação pública municipal.

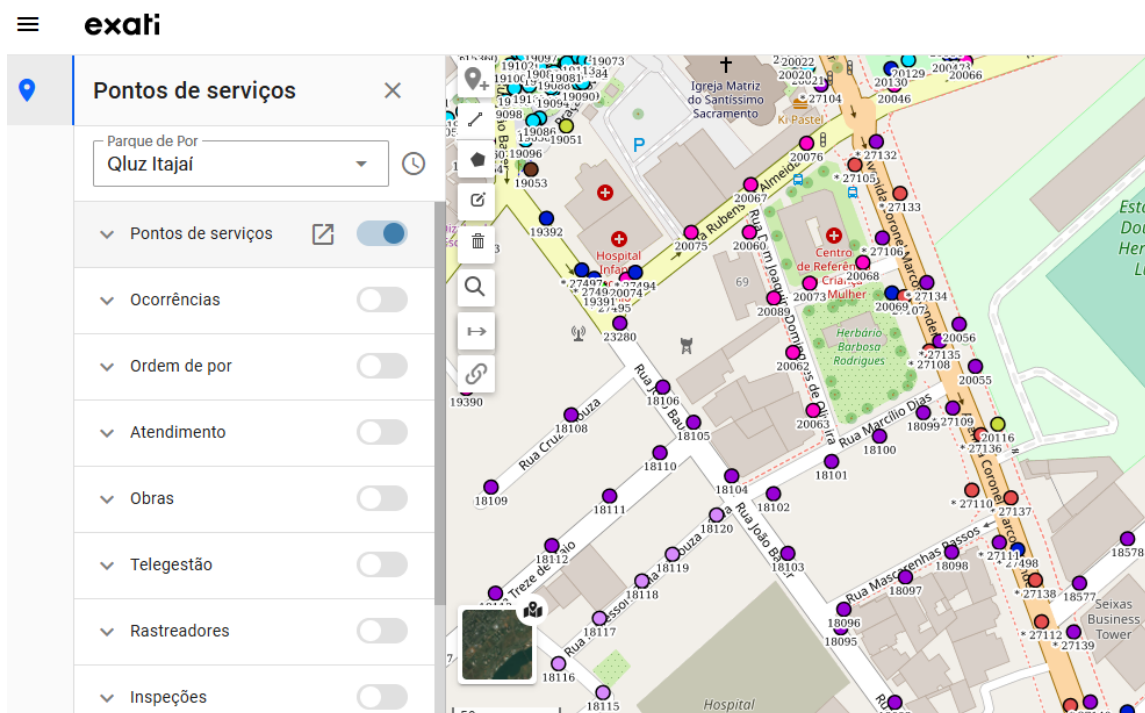
4.5 Potencial da Telegestão

Os cenários de inconsistências cadastrais analisados ao longo desta pesquisa evidenciam que os modelos tradicionais de atualização e fiscalização do cadastro da iluminação pública, baseados em processos manuais, documentação física e fluxos burocráticos de *As-Built*, apresentam limitações operacionais significativas. Em sistemas submetidos a processos acelerados de modernização tecnológica, esse modelo tende a ampliar o intervalo entre as alterações executadas em campo e a efetiva atualização das informações utilizadas pela concessionária para fins de faturamento, favorecendo a ocorrência de divergências cadastrais e prejuízos financeiros contínuos ao município.

Nesse contexto, observa-se que o município de Itajaí já dispõe de uma infraestrutura tecnológica capaz de auxiliar na mitigação dessas inconsistências. Atualmente, o parque de iluminação pública gerenciado pela concessionária QLuz possui sistema de telegestão implantado nos pontos de iluminação.

O sistema de telegestão utilizado no município de Itajaí é o Exati, plataforma voltada ao monitoramento, operação e gestão inteligente dos ativos de iluminação pública. O sistema permite o acompanhamento remoto das luminárias instaladas no município, disponibilizando funcionalidades relacionadas ao controle operacional, registro de ocorrências e gerenciamento das equipes de manutenção.

Figura 20 – Interface do sistema de telegestão Exati utilizado pela Qluz.

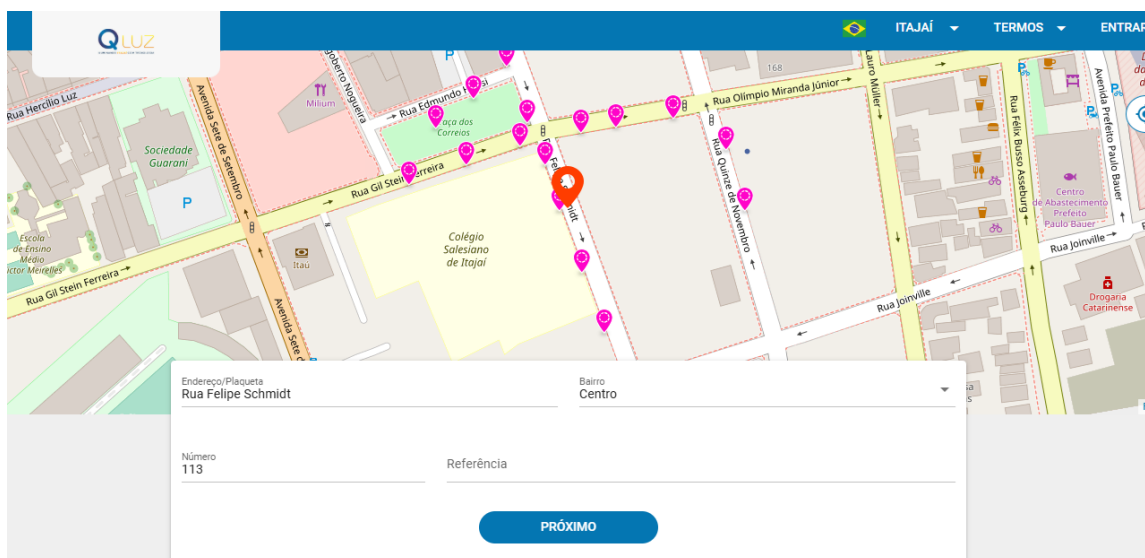


Fonte: Exati Tecnologia (2026).

Por meio da infraestrutura de telegestão implantada nos pontos de iluminação, o Exati permite a identificação de falhas operacionais, pontos apagados e ocorrências relacionadas ao sistema de iluminação pública. Contudo, verificou-se que essa tecnologia é utilizada predominantemente para fins operacionais e de manutenção, como monitoramento de falhas, identificação de luminárias apagadas e direcionamento das equipes técnicas responsáveis pelos reparos em campo.

Além do monitoramento interno realizado pela concessionária, a população também possui acesso a uma plataforma digital para registro de ocorrências relacionadas à iluminação pública. Por meio do portal Cidade Iluminada, o usuário pode localizar o ponto de iluminação no mapa, informar o endereço e registrar solicitações de manutenção, como lâmpadas apagadas ou falhas no sistema, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Plataforma de registro de ocorrências da iluminação pública em Itajaí.



Fonte: Cidade Iluminada Itajaí (2026).

Esse recurso contribui para agilizar o atendimento das demandas de manutenção, aproximando a população da gestão operacional do sistema. Entretanto, apesar de sua relevância para identificação de falhas e abertura de chamados, a plataforma ainda se relaciona principalmente à manutenção corretiva, não substituindo a necessidade de integração automatizada entre os dados de telegestão, o cadastro técnico da concessionária e os processos de faturamento da iluminação pública.

Embora essas funcionalidades sejam fundamentais para garantir os níveis de desempenho operacional do sistema, a infraestrutura de telegestão possui potencial técnico para aplicações mais amplas relacionadas à gestão cadastral da iluminação pública. Os dispositivos instalados nos pontos de iluminação possuem capacidade de monitorar informações operacionais em tempo real, incluindo consumo de potência, funcionamento dos equipamentos, localização geográfica e status operacional dos ativos conectados à rede.

Dessa forma, observa-se que a integração entre os sistemas de telegestão da QLuz e os processos de atualização cadastral junto à Celesc poderia contribuir significativamente para redução das inconsistências identificadas nesta pesquisa.

Com a utilização integrada dessas informações, alterações executadas em campo poderiam ser refletidas de maneira mais rápida e precisa no cadastro técnico utilizado para faturamento da iluminação pública. A substituição de luminárias convencionais por tecnologia LED, por exemplo, poderia ser automaticamente identificada pelo sistema de telegestão, reduzindo a dependência de processos manuais.

Nesse cenário, a telegestão deixa de atuar apenas como ferramenta de manutenção operacional e passa a representar um importante instrumento de apoio à gestão técnica, energética e cadastral do parque de iluminação pública municipal.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atingiu seu objetivo ao identificar e analisar inconsistências entre o parque de iluminação pública do município de Itajaí e o cadastro utilizado pela Celesc para faturamento da energia elétrica. A comparação entre os dados da concessionária, os inventários da QLuz e os levantamentos realizados permitiu verificar divergências relacionadas à potência das luminárias, à tecnologia cadastrada e à existência de ativos sem correspondente físico em campo.

Os resultados demonstraram que o modelo de faturamento baseado em inventários cadastrais estáticos pode apresentar limitações em cenários de modernização acelerada da iluminação pública. Foram identificadas situações em que o cadastro da concessionária não refletia as condições efetivamente encontradas em campo, resultando em estimativas de consumo superiores às reais.

A quantificação dessas divergências evidenciou impactos financeiros para o município, com prejuízos estimados superiores a R\$ 25 mil anuais apenas na amostra analisada. Os resultados indicam que a atualização cadastral representa um fator relevante para garantir que os benefícios econômicos da modernização por tecnologia LED sejam plenamente alcançados.

A pesquisa também evidenciou que o presente processo de atualização cadastral, baseado na elaboração de projetos *As-Built*, análise documental e homologação individualizada dos ativos, pode gerar atrasos entre as alterações executadas em campo e sua efetiva incorporação ao cadastro da concessionária. Nesse contexto, observou-se que a infraestrutura de telegestão já existente no município apresenta potencial para apoiar processos de auditoria e atualização cadastral de forma mais eficiente.

Conclui-se que a modernização da iluminação pública não depende apenas da substituição tecnológica das luminárias, mas também da qualidade e da atualização das informações utilizadas na gestão e no faturamento do sistema. A integração entre sistemas de telegestão, inventários operacionais e bases cadastrais da distribuidora pode contribuir para aumentar a confiabilidade das informações, reduzir inconsistências e otimizar a aplicação dos recursos públicos.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se:

- O desenvolvimento de um modelo ou algoritmo computacional voltado à automação da conciliação cadastral, capaz de cruzar diariamente os relatórios de consumo da telegestão com os arquivos de faturamento emitidos pela concessionária;
- A realização de um estudo detalhado focado no arcabouço regulatório junto à ANEEL para propor a homologação de projetos-piloto de faturamento por medição

real via telegestão em sistemas municipais operados por PPPs;

- A ampliação da metodologia de auditoria física e georreferenciada aplicada nesta pesquisa para outras regiões do município, visando consolidar o inventário completo do parque de iluminação pública municipal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 1000, de 7 de dezembro de 2021**. Brasília, 2021.

ANTUNES, Lucas Eduardo Dorneles. **Iluminação pública: normatização de vias e eficiência energética: estudo de caso – Loteamento Nilo Gonçalves – Alegrete-RS**. Alegrete: Universidade Federal do Pampa, 2015.

BASTOS, F. C. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRANDÃO, Helena Câmara Lacé; SOARES, Vanessa Mendonça; ARANHA, Letícia da Silva Fontes; ROCHA, Paula do Sacramento; BRESSANE, Fernanda Ferreira. **A história da iluminação elétrica nas residências cariocas no início do século XX registrada na moradia de Rui Barbosa**. Revista Escritos, Rio de Janeiro, n. 7, p. 213-228, 2013.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. (CELESC). **N-321.0008: Fornecimento de Energia Elétrica para Iluminação Pública**. Florianópolis, 2024.

LALIC, Milan. **Física C**. São Cristóvão: CEDAS/UFS, 2011.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2017.

MATTOS, Leonardo da Silva. **Smart Cities: eficiência energética e operacional por meio de iluminação pública inteligente**. Rio de Janeiro: Clube Naval, 2023.

MOZZINI, M. H. **A iluminação pública no Brasil: história, desafios e possibilidades**. João Pessoa: Instituto Federal da Paraíba, 2015.

MUSE, L. P. **Iluminação pública no contexto das cidades inteligentes: matriz multicritério para aplicação de LED e da IoT no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

NOGUEIRA, F. J. **Avaliação experimental de luminárias empregando LEDs orientadas à iluminação pública**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2023.

PEDRO, V. H. S. **Análise de viabilidade tecno-econômica para a substituição de luminárias convencionais por luminárias de LED em vias públicas**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2024.

PREFEITURA DE ITAJAÍ. **Prefeitura firma PPP para modernização da iluminação**

pública. Itajaí, 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS. **Modelagem da concessão dos serviços de iluminação pública com uso de usinas fotovoltaicas (UFV).** Santos, 2022.

PROCEL. **Manual de iluminação pública.** Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2011.

TANA, R. M. B. **Iluminação pública: uma abordagem gerencial.** 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) – Universidade Salvador (UNIFACS), Salvador, 2010.

TECNOLOGIA EXATI. **Eficiência energética na iluminação: entenda tudo sobre o tema.** Curitiba, 2024. Disponível em: <https://blog.exati.com.br/eficiencia-energetica-na-iluminacao/>. Acesso em: 18 jun. 2026.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: ótica e física moderna.** 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.