



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE  
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEAU**



**ALAIR CORRÊA MAIA**

**A EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: Gestão, eficiência e modernização.**

**MONOGRAFIA APRESENTA AO CURSO DE GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto – MG

2018

**ALAIR CORRÊA MAIA**

**A EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: Gestão, eficiência e modernização.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves

Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro

Ouro Preto - MG

2018

M217e Maia, Alair Corrêa.  
A evolução da iluminação pública [manuscrito]: Gestão, eficiência e modernização. / Alair Corrêa Maia. - 2018.

80f.: il.: color, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves.  
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Marcelo de Barros Monterio.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

I. Iluminação pública - História. 2. Energia elétrica - Brasil. I. Alves, Luiz Fernando Rispoli. II. Monterio, Paulo Marcelo de Barros. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 621.3(81)

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)

Monografia defendida e aprovada, em 13 de Dezembro de 2018, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



---

Prof. Dr Luiz Fernando Rispoli Alves - Orientador



---

Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Co-Orientador



---

Prof. Dra Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Professor Convidado

## **Agradecimentos**

A vida de todos nós é marcada por desafios, enfrentá-los é a melhor maneira de viver e crescer. Quando iniciei o curso de Engenharia não imaginava que a estrada fosse tão longa e difícil, mas durante a caminhada, várias outras conquistas vieram, hoje sou uma pessoa melhor e consciente do meu papel na sociedade, seja como engenheiro, seja como mais um cidadão brasileiro.

Deus é a força invisível que nos acompanha. Agradeço a minha família, amigos e professores que contribuíram para o meu crescimento.

“Sou feliz por meu sonho da iluminação LED se realizar... E que também ajude a reduzir o aquecimento global”.

Shuji Nakamura

## Resumo

Neste trabalho buscou-se estudar teoricamente as soluções para o setor de Iluminação Pública (IP). Demonstrou-se a evolução da iluminação de um modo geral, o surgimento das ideias de IP na Europa e a implantação aqui no País. No Brasil, além do histórico, foi apresentado o desenvolvimento da fase moderna da IP, com a invenção das lâmpadas elétricas, o surgimento das hidrelétricas, que permitiu a expansão dos serviços de iluminação por todo o território, destacando também as fases políticas, de como se deu o revezamento do controle do sistema, passando inicialmente por incentivos do estado, por fases de abertura de mercado, retornando novamente com programas de apoio do Governo Federal, a fim de acelerar o desenvolvimento do setor, culminando com a nova fase iniciada em meados de 2010, quando a responsabilidade da IP foi transferida das concessionárias para os Municípios e o Distrito Federal. Foi abordada a modernização técnica do sistema de IP, destacando o advento da utilização de novas tecnologias, que permitem aumentar a eficiência do serviço, destacado principalmente pelo surgimento do LED (Diodo Emissor de Luz), que apresenta papel de destaque na evolução, desde a lamparina (0,1 lm/W), das lâmpadas incandescentes (16 lm/W), das lâmpadas fluorescentes (70 lm/W) até o LED (300 lm/W). Nestas mudanças, a importância do planejamento estratégico, visto que os avanços tecnológicos são constantes, devendo estar amarrados às questões políticas e financeiras dos municípios. Por fim, projeta-se, o que parece ser o próximo passo do setor, tornar as fontes renováveis de geração de energia, a solar e a força dos ventos, economicamente viáveis.

Palavras chave: Iluminação pública, eficiência energética, LED, telegestão, segurança e planejamento.

## **Abstract**

In this work, we intend to study the solutions for the Public Lighting (IP) sector theoretically. It was demonstrated the evolution of lighting in general, the emergence of IP ideas in Europe and the deployment here in the country. In Brazil, in addition to the historical, was presented the development of the modern phase of IP, with the invention of electric lamps, the emergence of hydroelectric plants, which allowed the expansion of lighting services throughout the country, also highlighting the political phases, how the system control was relayed, initially through incentives from the state, through phases of market opening, returning again with Federal Government support programs in order to accelerate the development of the sector, culminating in the new phase begun in mid-2010, when IP responsibility was transferred from the concessionaires to the Municipalities and the Federal District. The technical modernization of the IP system was addressed, highlighting the advent of the use of new technologies, which allow to increase the efficiency of the service, highlighted mainly by the appearance of LED (Light Emitting Diode), which presents a prominent role in the evolution, from the lamp (0.1 lm / W), from incandescent lamps (16 lm / W), from fluorescent lamps (70 lm / W) to the LED (300 lm / W). In these changes, the importance of strategic planning, since the technological advances are constant, and should be tied to the political and financial issues of the municipalities. Finally, what appears to be the next step in the sector is projected to make renewable sources of energy generation, solar and wind power, economically viable.

Keywords: Public lighting, energy efficiency, LED, telemanagement, safety and planning.



## Lista de siglas

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIS	– Ativos Imobilizados em Serviço
ANEEL	– Agencia Nacional de Energia Elétrica
ANSEAF	– Associação Nacional dos Servidores Públicos Engenheiros, Arquitetos Urbanistas e Engenheiros Agrônomos do Poder Executivo Federal
BCIT	– Bacharelado de Ciências e Tecnologia
CEG	– Companhia de Iluminação à Gás
CEMIG	– Companhia Energética de Minas Gerais
EFCT	– Estrada de Ferro Central do Brasil
IP	– Iluminação pública
IRC	– Índice de produção de cor
LED	– Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
TCC	– Trabalho de Conclusão de Curso
UFSJ	– Universidade Federal de São João del-Rei
LED	– Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Fases da estruturação do setor elétrico brasileiro .....	37
Tabela 2. Investimentos realizados pela cidade de Rijeka .....	43
Tabela 3. Tarifas aplicadas pela CEMIG no ano de 2018 .....	50
Tabela 4. Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública da cidade de Ouro Preto - MG...	51
Tabela 5. TCIP: Tarifa Convencional de Iluminação Pública da cidade de Belo Horizonte - MG .....	52
Tabela 6. Contribuição para custeio da iluminação pública da cidade de Ouro Branco .....	52
Tabela 7. Descrição da via e classe de iluminação correspondente .....	62
Tabela 8. Requisitos de luminância e uniformidade para cada tipo de via .....	62
Tabela 9 Classificação de vias (passeios) .....	63
Tabela 10. Classificação das vias da Cidade de Belo Horizonte .....	64
Tabela 11. Equivalência das lâmpadas de vapor de sódio e LED .....	65
Tabela 12. Custo do Investimento Inicial .....	66
Tabela 13. Comparativo do consumo e custo entre os modelos de lâmpadas VPS e LED .....	67
Tabela 14. Comparativo do custo total entre os modelos de lâmpadas VPS e LED .....	67
Tabela 15. Custo de manutenção dos modelos de lâmpadas VPS e LED .....	68
Tabela 16. Fluxo de caixa: redução de consumo de energia elétrica e de manutenção .....	69
Tabela 17. Cálculo do VPL .....	69

## Lista de Figuras

Figura 1. Lâmpada do período Magdalenense .....	22
Figura 2. Lâmpadas de barro cozido e pavio, Grécia século VII a.C .....	23
Figura 3. Lucerna Romana.....	23
Figura 4. Vista superior da cidade de Los Angeles – EUA .....	41
Figura 5. Montagem padrão de um ponto de IP .....	48
Figura 6. Estrutura do LED.....	59
Figura 7. Ilustração do livro “Iluminação Pública” .....	60
Figura 8. Ilustração do livro “Iluminação Pública” .....	61
Figura 9. Equivalência de Lâmpadas convencionais com os modelos LED.....	65
Figura 10. Esquema de Telegestão de Iluminação Pública.....	71
Figura 11. Incidência solar no Brasil .....	73
Figura 12. Produtor Independente de Energia (PIE).....	75

## Sumário

Apresentação .....	13
1. Introdução.....	15
1.1. Origem do trabalho .....	16
1.2. Objetivos.....	17
1.3. Justificativa do trabalho .....	18
1.4. Metodologia .....	19
2. A evolução da iluminação.....	21
2.1. A iluminação na antiguidade .....	21
2.2. Caminhos da luz artificial.....	24
2.3. A descoberta do uso da cor.....	25
2.4. Iluminação à Gás.....	26
2.5. Lâmpadas de petróleo e querosene.....	27
2.6. Invenção das lâmpadas acionadas por corrente elétrica .....	27
2.7. História da Iluminação Pública (IP) .....	31
2.8. História da iluminação pública no Brasil.....	32
2.9. Aspectos sobre a municipalização da iluminação pública no Brasil .....	38
3. Iluminação pública e eficiência energética.....	40
3.1. Projetos modernos de iluminação pública.....	41
4. Bases para os projetos de iluminação Pública.....	46
4.1. Manual de iluminação pública .....	46
4.2. Componentes de um circuito de iluminação .....	49
4.3. As tarifas a serem pagas pelo município.....	49
4.4. Procedimentos contábeis da transferência .....	50
4.5. As cobranças no período anterior a municipalização.....	53
4.6. Propriedade das instalações e ponto de entrega da CEMIG .....	54
4.7. Formas e condições para prestação dos serviços de operação e manutenção .....	56
4.8. Tarifas, tributos e cobrança do consumo .....	56
5. Melhoria do sistema de iluminação pública por modernização dos equipamentos .....	58
5.1. Melhoria do sistema de iluminação pública por gestão e controle.....	70
5.2. Fontes renováveis de energia aplicadas à IP .....	72
6. Considerações finais e conclusão .....	76
Bibliografia.....	78

## **Apresentação**

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira:

### **Capítulo 1. Introdução:**

Inicialmente é lançado para discussão a mudança de cenário com relação à Iluminação Pública (IP), que passa dos cuidados das concessionárias distribuidoras, para a administração municipal. A seguir são apresentados os motivos que determinaram a escolha do tema, os objetivos que se deseja alcançar, a sua relevância para a sociedade e a metodologia utilizada.

### **Capítulo 2. A história da iluminação:**

Neste capítulo é feito o levantamento bibliográfico para embasar o trabalho, aprofundando os problemas e apresentando os conceitos principais. Busca-se demonstrar a evolução da IP ao longo da história, orientando as ações no sentido de maior modernização da iluminação das cidades, principalmente no sentido da eficiência energética e da redução dos impactos ambientais.

### **Capítulo 3. Pesquisas de projetos de iluminação eficientes:**

Como referência, serão apresentadas as experiências de cidades com o setor de IP, dando atenção especial ao trabalho desenvolvido em Rijeka, na Croácia, país que coincidentemente vivenciou no início dos anos 2000 a transição de responsabilidades que o Brasil enfrenta atualmente: o setor deixando de pertencer exclusivamente às distribuidoras de energia elétrica, para ser assumido pelos gestores municipais.

#### **Capítulo 4. Bases para os projetos de iluminação Pública**

São apresentadas as bases técnicas que os projetos de IP devem se enquadrar, os requisitos técnicos dos equipamentos, a qualidade de iluminação exigida, os aspectos contábeis e a relação com as distribuidoras de energia elétrica.

#### **Capítulo 5. Melhoria do sistema de iluminação pública por modernização dos equipamentos**

São apresentados cálculos simplificados das vantagens financeiras e redução de impactos ambientais quando se adota medidas e equipamentos de controle e gestão da IP, passando da simples substituição de lâmpadas à adoção de projetos de gestão e ou telegestão, objetivando a melhoria da eficiência dos equipamentos eletroeletrônicos do sistema, da qualidade dos serviços prestados e da modernização da cidade.

#### **Capítulo 6. Considerações finais e conclusão**

Na parte final são feitas algumas considerações e a conclusão do trabalho.

## 1. Introdução

A literatura evidencia que as instituições e organizações públicas no Brasil, dispersas nos três níveis de governo: União, Estados e Municípios, interagem de forma precária entre si. O Estado brasileiro possui uma administração pública ampla, complexa e burocrática cuja ação governamental é implementada por meio de um elevado conjunto de órgãos, o que tende a dificultar a execução de planos, programas e projetos, mesmo quando existe disponibilidade de recursos financeiros para implantá-los [1].

Constata-se, assim, que o setor público brasileiro tem enormes dificuldades para tornar efetivas as suas ações, que em geral são morosas e inflexíveis. Isso reflete na baixa capacidade de resposta da administração pública no atendimento das demandas da população. Assim, o desafio é enorme, colocar no mesmo ritmo a evolução tecnológica, com a disponibilidade de equipamentos mais modernos e eficientes, com a capacidade de planejamento exigível para implementação por parte das autoridades públicas.

Sob este contexto, era de se esperar contestações, quando em setembro de 2010, o Governo Federal, por meio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicou a Resolução Normativa N° 414, que no artigo 218, ordenou que as empresas distribuidoras de energia elétrica transferissem o sistema de Iluminação Pública (IP), registrado como Ativo Imobilizado em Serviço (AIS) à pessoa jurídica de direito público competente. O impacto para o setor de IP, principalmente para as cidades de pequeno porte é importante, com risco de estagnação e ou precarização com mais esse encargo, haja vista que em sua grande maioria, estas já apresentam enormes dificuldades nas áreas fundamentais, como saúde, educação e segurança pública.

Desde a publicação da Resolução Normativa 414, a ANEEL prorrogou o prazo para a transferência dos ativos de iluminação duas vezes, diversas prefeituras entraram com ações judiciais questionando a Resolução, o que demonstra a dificuldade dos municípios em assumir a atividade, evidenciando que, na maioria dos casos, não haverá em curto prazo, condições de investimentos plenos para a modernização do setor.

Desta forma, o trabalho aqui desenvolvido buscará discutir e demonstrar a importância do investimento no setor, destacando os benefícios a curto, médio e longo prazo, mas flutuando a importância de que essas ações tenham algum tipo de

coordenação geral, sob pena de ser observado no setor de IP, o que acontece com toda a infraestrutura das cidades brasileiras, alguns centros urbanos privilegiados, e outras partes, principalmente favelas e periferia, esquecidas. Normalmente, bons resultados até são colhidos, mas sem qualquer tipo de amarra, o País se torna cada vez mais desigual. O sucesso geral de qualquer projeto de urbanização esbarra em políticas isoladas, os benefícios não alcançam a massa, não visam atingir a cidade como todo, o estado por completo e o País como objeto direto, o resultado final, como mencionado anteriormente são ilhas de modernização que mascaram a cara do País.

Serão discutidos planos estratégicos aplicados em cidades pelo mundo, para transpor as barreiras no sentido de modernização, que essencialmente são a falta de planejamento global e o alto valor de investimento inicial.

### **1.1. Origem do trabalho**

Minha primeira formação superior é o Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (BICT), realizado na Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ). Apenas para contextualizar, todos os cursos de Engenharia do campus Alto Paraopeba possuem dentro de sua organização os cursos de bacharelado, constituídos de componentes curriculares básicos, assim, atingida uma carga horária determinada o estudante pode requerer o diploma de curso superior e continuar cursando as disciplinas exigidas para integralizar o curso de engenharia.

Entre as exigências do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia está a obrigatoriedade de apresentar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Durante todo o convívio na UFSJ, desenvolvi grande amizade com um colega de classe que trabalha na Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), discutindo muitas questões relacionadas às usinas hidrelétricas. Assim, decidimos desenvolver em conjunto o TCC explorando uma dificuldade enfrentada pela usina Casa de Pedras, no município de Itabirito – MG. A represa, que recebe as águas do rio das Velhas, sofre sérios problemas por acúmulo de sedimentos. Nossa pesquisa tratou de apresentar as causas e discutir maneiras de controlar o assoreamento da barragem, mantendo a sua capacidade de represamento.

Após a conclusão do BCIT na UFSJ, vinculado ao curso de Engenharia



Mecatrônica, resolvi me transferir para Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), aproveitando a proximidade entre os cursos, o que me possibilitou compatibilizar as atividades acadêmicas as profissionais, uma vez que já era servidor da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Neste novo ambiente, pude verificar as atividades desenvolvidas no Laboratório de Instalações Elétricas, Luminotécnica e Telecomunicações, de onde surgiu, por sugestão dos professores: Paulo Marcos de Barros Monteiro e Luiz Fernando Rispoli Alves a ideia de discutir o tema de iluminação pública, explorando principalmente o surgimento de novas tecnologias que podem melhorar a eficiência do setor. Conforme mencionado anteriormente, a geração de energia elétrica fez parte de estudos anteriores, vinculada a questões ambientais, o que está diretamente relacionado ao tema de centro que proponho aqui, que é a melhoria da eficiência do setor de Iluminação Pública (IP).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Estudar a viabilidade financeira e os benefícios técnicos e ambientais da utilização da tecnologia LED na iluminação pública das cidades.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

No caminho para alcançar o objetivo principal, espera-se preencher bem as seguintes lacunas abertas:

- ✓ Apontar os impactos da transferência dos serviços de Iluminação Pública (IP) para os municípios;
- ✓ Entender os custos financeiros do sistema de IP;
- ✓ Defender a utilização de sistemas de gestão e controle de IP;
- ✓ Demonstrar como a modernização auxilia na redução do desperdício de energia elétrica, aumentando a eficiência do serviço de IP;

- ✓ Demonstrar como o aumento da eficiência energética impacta positivamente no meio ambiente e a vida social.

### 1.3. Justificativa do trabalho

Cidades de todo o mundo são confrontados com um rápido aumento da população urbana, torna-se uma questão crucial adotar medidas de desenvolvimento sustentável e gerenciamento de energia.

No Brasil, a ANEEL, determinou no Art. 218 da Resolução Normativa nº 414/2010, que as distribuidoras de energia elétrica devem transferir o sistema de Iluminação Pública (IP) registrado como Ativos Imobilizados em Serviço (AIS) para a responsabilidade dos municípios. Portanto, propor formas de gerenciar, controlar e modernizar o setor impactará diretamente na administração das prefeituras, que já demonstram enormes dificuldades de arcar com suas responsabilidades básicas, como saúde, educação e segurança pública, muito mais nesses últimos anos, devido à recessão econômica. Em Minas Gerais, grande parte dos municípios reclama da falta repasse de recursos financeiros obrigatórios por parte do governo do estado, que por sua vez reclama de bloqueios do Governo Federal.

Discutir políticas de gerenciamento de IP, como por exemplo, a entrada de empresas especializadas na gestão desses serviços, pode ser um caminho que aliado à inserção de novas tecnologias, como o desenvolvimento de lâmpadas modernas, mais eficientes e ecologicamente corretas, utilização de circuitos elétricos e sistemas que possibilitem a variação dos parâmetros de controle, possibilitando adaptar a potência requerida com a dispensada, eliminando desperdício e reduzindo os custos, são atitudes que os líderes e gestores devem estimular. Todas essas alternativas beneficiam o consumidor, tanto em termos de redução dos tributos, quanto na melhoria da qualidade dos serviços, além de influenciar em menores índices de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribuindo com o planeta.

A melhor utilização da energia elétrica é de grande interesse em todos os setores, na IP não é diferente. As crises energéticas recentes demonstraram a necessidade de ações efetivas no sentido de um uso mais racional dos recursos naturais, evitando gastos desnecessários. Com o crescimento das cidades, conseqüentemente, há a necessidade de ampliação da iluminação, o que pode ser compensado por técnicas que melhorem a eficiência do sistema.

A engenharia de controle e automação, em conjunto com outras áreas, toma parte desta preocupação, busca soluções no sentido de se utilizar o mínimo possível, exatamente no momento desejado, para alcançar o melhor resultado, o aumento da eficiência, que pode ajudar a manter o equilíbrio do planeta.

Além dos benefícios ao meio ambiente, a modernização do setor de IP contribui enormemente com a segurança pública e o desenvolvimento local. Estudos já mostraram a relação direta entre a IP de qualidade e o maior sentimento de segurança e vigilância das pessoas, contribuindo com a redução da criminalidade, ao mesmo tempo em que estimula a visitação a pontos turísticos, apresentando-o com uma melhor imagem, favorecendo o comércio e o lazer noturno, implicando no desenvolvimento social e econômico das cidades.

A modernização dos equipamentos aliada gestão busca facilitar a manutenção e controle dos pontos de iluminação, de forma a acelerar os diagnósticos de falhas através da aquisição de dados relativos aos componentes utilizados na instalação.

#### **1.4. Metodologia**

A metodologia aplicada baseou-se em um trabalho investigativo, buscando exemplos de como as cidades pelo mundo tratam a questão da IP, construindo assim uma estante de projetos bem sucedidos, composta por ideias inovadoras voltadas à eficiência energética e fontes renováveis de energia, além de possíveis alternativas de curso para contornar as dificuldades impostas pelos tempos atuais, de recessão financeira e escassez de recursos naturais. Aliás, muito destes recursos, os chamados combustíveis fósseis, amplamente utilizados atualmente, são tema de diversos estudos, ao quais apontam para a relação direta entre a sua utilização exagerada com o aumento da temperatura no planeta.

Alinhado com o objetivo a ser alcançado pelo trabalho, foi realizado o levantamento bibliográfico, com informações extraídas de livros, artigos, revistas e internet sobre a evolução da iluminação ao longo dos tempos.

De empresas de tecnologias tratou-se de explorar o encaixe de novos produtos e tecnologias voltadas à eficiência dos projetos de iluminação das cidades.

Por fim, serão discutidos os custos financeiros e ganhos correlacionados,

mediante a substituição de lâmpadas convencionais por modelos mais modernos em um município de pequeno porte.

## **2. A evolução da iluminação**

O serviço de IP, sistema de iluminação noturna das cidades, passa atualmente por grandes transformações, até o ano de 2010, o serviço era de responsabilidade das distribuidoras, incorporado naturalmente à rede de distribuição de energia elétrica.

Considerado um serviço essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, atuando como instrumento de cidadania, a IP permite aos habitantes desfrutar plenamente do espaço público no período noturno, além de estar diretamente ligado à segurança pública no tráfego, previne a criminalidade, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens, facilita a hierarquia viária, orienta percursos, sendo utilizada para potencializar os locais turísticos.

Foram utilizando justamente estes argumentos, que o País, por meio de suas agências de controle e a própria população, por intermédio de audiências públicas, discutiu e decidiu por transferir este serviço para a responsabilidade do poder público.

A seguir será descrita resumidamente a evolução da iluminação e da iluminação pública, da antiguidade até os tempos atuais.

### **2.1. A iluminação na antiguidade**

Nos primórdios, a humanidade se apoiou na luz do sol ou da lua, éramos totalmente obedientes à luz natural, uma vez que o homem depende muito da visão para executar a maioria das suas atividades, até mesmo na pré-história. Ao dominar o fogo e acendendo fogueiras deu-se a libertação, o início da história da iluminação artificial [2].

Para o homem da pré-história o domínio do fogo, provavelmente há cerca de 500 mil anos, representou uma grande conquista, comparável à da linguagem e da escrita. O fogo serviu-lhe para protegê-lo, defendê-los, curar as feridas, melhorar a alimentação e iluminar suas noites [3].

Foi no período paleolítico ou idade da pedra lascada, que nosso antepassado homo habilis (homem habilidoso) fez uma das maiores descobertas de toda a história. O primeiro artefato que o homem construiu para transportar o fogo foram as

tochas primitivas, que pouco a pouco foram aperfeiçoadas por povos como os fenícios, babilonenses e egípcios que construíram suas tochas com madeira resinada, cipó, espargidas de piches e resinas [4].

Posteriormente, a gordura animal veio a ser o primeiro líquido utilizado com fins para iluminação de ambientes. Estas eram as primeiras velas construídas com fibras vegetais e gordura animal que ficavam armazenadas em recipientes propícios, construídos inicialmente de pedra [4].

Lâmpada vem do grego *lampas*, significa tocha, foram inventadas a cerca de 70.000 a.C. Estas lâmpadas eram feitas a partir de materiais que ocorriam naturalmente, tais como pedras, conchas e chifres de animais, preenchidos com gordura animal ou vegetal, que serviam como combustível [3], chegando até artefatos do período Magdalenense, aproximadamente 15.000 anos a.C.

Figura 1. Lâmpada do período Magdalenense



Fonte: Imagem disponível em [5]

Com a descoberta da manipulação do barro surgiram os recipientes modelados pelo homem, vários destes artefatos e de outros utensílios que foram utilizados na Roma Antiga podem ser vistas atualmente em exposições e museus [3].

Depois da lâmpada de óleo natural, o homem trabalhou nas lâmpadas de cerâmica. A cerâmica grega, desde cedo, foi modelada à mão, as lâmpadas de cerâmica foram um meio barato e prático de iluminação, fácil de produzir, fácil de usar, mas um pouco confuso de manusear, pois o óleo muitas vezes escorria a partir do furo do pavio para baixo da parte externa da lâmpada [3].

Durante os séculos IV e V, Atenas era um grande fabricante e exportador de lâmpadas de cerâmica. O combustível utilizado dependia em grande parte da

disponibilidade. Azeite de oliva era provavelmente o principal combustível utilizado nos países do Mediterrâneo, e foi exportado para áreas onde havia dificuldade de cultivar azeitona. Outros óleos, que provavelmente eram usados em lâmpadas incluem o óleo de gergelim (principalmente no Oriente), óleo de noz, óleo de peixe, óleo de mamona e outros óleos vegetais [2].

Figura 2. Lâmpadas de barro cozido e pavio, Grécia século VII a.C



Fonte: Imagem disponível em [5]

O ápice na utilização das velas certamente foi na Idade Média. Vestígios indicam que nessa época as velas ou lucernas<sup>1</sup>, eram consideradas artigos de luxo, sendo encontradas relacionadas a expoentes da sociedade. Como não podiam ser construídas em larga escala, imagina-se que apenas a pessoas de grande poder aquisitivo podiam adquiri-las [3].

Figura 3. Lucerna Romana



Fonte: Museu de Évora - Portugal, 175 a.C. - 100 a.C.  
Época Romana

Nas civilizações antigas da Babilônia e do Egito (3000 a.C), por exemplo, a luz era um luxo. Os palácios dos ricos eram iluminados apenas pela tremulação das chamas de lamparinas a óleo simples. Estes eram geralmente sob a forma de

<sup>1</sup> **Lucernas:** é um registro material muito recorrente em escavações arqueológicas (especialmente dos tempos romanos e medievais), trazem grandes informações para o estudo arqueológico.

pequenas tigelas abertas com um lábio ou bico para segurar o pavio. Gorduras animais, óleos de peixe ou de óleos vegetais (palma e oliva) forneciam os combustíveis [3].

Certamente o primeiro artefato mais elaborado e que nos remete as luminárias modernas, foi o candelabro<sup>2</sup>. Pode-se dizer que, o candelabro foi o tataravô das luminárias modernas. Na Inglaterra passou-se a produzir velas feitas também de cera de abelhas. Essas eram as preferidas, pois a vela feita de sebo de animal deixava um cheiro ruim [4]. A vela manteve-se como principal fonte de luz controlada pelo homem até os séculos XVII/XVIII.

## 2.2. Caminhos da luz artificial

O homem primitivo deixou suas marcas nas cavernas escuras com o auxílio de tochas, através de seus rituais e lendas, a luz funcionou como elemento teatral. O fogo acompanhou a magia dos sacerdotes no início da história, dando-lhes mistério e teatralidade dramática. Portanto, a melhor forma de se estudar a história da iluminação é através do teatro [6].

Nos primórdios do Teatro Ocidental, no teatro grego e romano, a iluminação é exclusivamente natural. Os espetáculos iniciavam-se com o nascer do sol e as vezes avançavam a noite. Vitruvius (séc. I a.C. ou d.C) alertava para que a construção dos teatros se desse em lugares salubres, longe de pântanos, com boa ventilação, orientação dos ventos e com luz solar abundante [2].

O teatro como visto hoje, foi criado nos séculos XVI e XVII. A plateia, o palco, os bastidores e o proscênio<sup>3</sup> foram institucionalizados junto com a cortina, o fosso dos músicos, os balcões e todas as regras básicas da iluminação teatral. Princípios inquestionáveis até o século XX. Durante 300 anos nenhuma inovação foi considerada necessária. Mesmo depois que as tochas, lamparinas a óleo e velas foram trocadas pelo gás e depois pela eletricidade [6].

Portanto, muito da história da iluminação pode ser remontada pelos registros das obras teatrais.

---

<sup>2</sup> **Candelabro** é um castiçal com vários braços (múltiplas velas).

<sup>3</sup> **Proscênio** é a parte do palco situada à frente do cenário, junto à ribalta, avançando desde a boca de cena até à plateia ou até ao fosso da orquestra.



### 2.3. A descoberta do uso da cor

Sir Isaac Newton cientista e matemático Inglês, que muito contribuiu para muitos campos da ciência, incluindo a gravidade de movimento e óptica, foi também o primeiro a formular a teoria corpuscular da luz. Newton disse que os corpos irradiam energia luminosa em partículas ou corpúsculos, e que estas partículas são ejetadas em linhas retas. As partículas, então, agem sobre a retina do olho em uma maneira para estimular o nervo óptico e produzir a sensação de visão no cérebro [2].

Entre as principais contribuições de Newton, destaca-se a percepção e o registro de que a luz solar é a luz branca que contém todas as cores do espectro. Em 1704 ele publicou a primeira edição de seu famoso livro "Opticks". Newton identificou corretamente os princípios de refração, associados a sua experiência em que a luz é dobrada, uma vez que viaja de um meio para outro em um pequeno ângulo, dependente do seu comprimento de onda. Ele não sabia que ele estava repetindo as ideias de Leonardo da Vinci cerca de 200 anos antes [2].

Newton, como outros antes dele, também tentou descobrir uma ligação entre luz e cor, entre luz e som, considerou que estas divisões correspondiam à escala diatônica<sup>4</sup>. Outros cientistas sempre consideraram as cores primárias como áreas relativamente grandes do espectro: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta [2].

Sebastiano Sessio, pintor, antes de se tornar arquiteto, foi um dos iluminadores preocupados com a cor. Criava o rubi, misturando vinho tinto e rosé, e topázio com vinhos brancos e água filtrada por feltros. O vinho era colocado em conteúdos de vidro em cima de tábuas próximas a lamparinas [2].

Em 1783 inventou-se o "Lampião Argand", utilizando cânfora e querosene, criando luzes vivas e fortes, depois a chaminé a gás. Foram penduradas no teto, paredes, balcões, ribaltas e bastidores. Para se ter uma ideia do material utilizado na iluminação teatral antes de 1783, basta ler o inventário do Covent Garden, em Londres. antes de seu incêndio: oito varas de iluminação, nove telas com quarenta e oito velas fixas, doze velas para efeito de trovão, cinco copas, cento e quinze velas triangulares, cento e noventa e duas velas fixas e quatorze candelabros. Quando o teatro foi remodelado em 1803, usaram-se candelabros de cristal com duzentos e

---

<sup>4</sup> **Escala diatônica:** é uma escala de sete notas (heptatônica), com cinco intervalos de tons e dois intervalos de semitons entre as notas. Este padrão se repete a cada oitava nota numa sequência tonal específica. A escala diatônica é típica da música ocidental e concerne à fundação da tradição da música europeia.

setenta velas (por espetáculo) e trezentas lamparinas para iluminar palco e bastidores.

Mais tarde, experimentos realizados ao longo dos anos, comprovaram que a luz é um movimento ondulatório que possui frequências muito altas (cerca de  $10^{14}$  hertz) e cada cor que compõe a luz branca possui uma frequência diferente.

## 2.4. Iluminação à Gás

Em 1792, o primeiro uso comercial de iluminação a gás começou quando William Murdoch usou gás de carvão para a iluminação de sua casa em Redruth, na Cornualha. O inventor alemão Friedrich Winzer (Winsor) foi a primeira pessoa a patentear a iluminação a gás de carvão em 1804 e um "Thermolampe" usando gás destilado de madeira sendi patentado em 1799 [2].

A iluminação a gás foi usada pela primeira vez pelo iluminador F. A. Wintzler em um espetáculo no Lyceum Theatre, em Londres. Nos Estados Unidos, o primeiro teatro todo iluminado a gás foi o Chestnut Street Opera House, na Philadelphia. Mas o gás era tão caro que não foi colocado em uso diversificado até 1850 [2].

A invenção da "Copa de Elsbach" trouxe novas possibilidades ao teatro - passou a ser possível controlar a luz de um lugar central. Nasceu assim a mesa de luz, chamada na época de "mesa de gás", usada no Lyceum Theatre de Londres e no Boston Theatre dos Estados Unidos. Uma chave geral controlava toda a planta [7].

Henry Irving, um dos maiores atores-empresários da era do gás, brincou com a iluminação com criatividade. Usou luzes individuais para iluminar objetos e fez experiências com cor usando seda e telas colocadas diante de luzes fortes. Quando surgiu a ribalta a gás, ele a utilizou para acompanhar os spots<sup>5</sup>. O realismo romântico era parte da iluminação de Irving. Lady Macbeth, com cabelos vermelhos esvoaçantes, eram iluminados por tochas e Nero atravessou o palco montado num cavalo enquanto as casas e templos de Roma queimavam com chamas fortes e altas. Tudo nessa época se tornava em melodrama com ação irrealista. Acreditava-se que os atores principais representavam no proscênio enquanto o fundo do palco era utilizado apenas para o cenário [6].

---

<sup>5</sup> **Spot de iluminação** é, basicamente, um produto utilizado na iluminação de ambientes que fornece uma luz mais direcionada e ainda tem um importante aspecto decorativo.

## 2.5. Lâmpadas de petróleo e querosene

A lâmpada de querosene foi introduzida na Alemanha em 1853. O querosene foi destilado a partir do petróleo obtido de xisto betuminoso, encontrado nas minas. O querosene de 1856 foi usado também para iluminar casas em Nova York (gás chegou a essa cidade em 1864).

A lâmpada de querosene, chamada também de lamparina de querosene e em algumas regiões do Brasil como lampião a querosene (conhecida em alguns países "lâmpada de parafina") é qualquer tipo de dispositivo de iluminação que usa querosene (quimicamente uma parafina, distinta da cera de parafina) como combustível. Existem dois tipos principais de lâmpada de querosene que trabalham de formas diferentes, a "lâmpada a pavio" e "Lâmpada à pressão". A primazia deste invento é discutida entre duas vertentes, a primeira indica a sua origem no século IX em Bagdá, versões modernas foram construídas por volta de 1853 na Europa e nos Estados Unidos.

## 2.6. Invenção das lâmpadas acionadas por corrente elétrica

Cada uma das invenções e aperfeiçoamentos apresentados anteriormente possui o seu devido valor, desde o simples pensamento de como transportar a fonte luminosa, passando pela variedade dos combustíveis utilizados, pelos mecanismos aplicados para explorar as cores, finalizando pelo êxito no controle de intensidade da iluminação a gás, através de registros mecânicos, atividades realizadas em espetáculos teatrais.

Daqui por diante será descrito a fase moderna da iluminação, com o advento da utilização da energia elétrica.

### 2.6.1. Lâmpadas de arco elétrico

Em 1809, Sir Humphrey Davy demonstrou pela primeira vez o arco de carbono elétrico no Royal Institution em Londres. O arco elétrico também foi usado para a iluminação na Ópera de Paris. Naquela época e até cerca de 1860, a única

fonte de energia elétrica vinha de baterias, cujo princípio básico utilizado é transformar energia química em energia elétrica. O desenvolvimento do gerador elétrico, capaz de transformar energia mecânica em energia elétrica, impulsionou a produção destas lâmpadas a partir de 1878 [2].

Em 1884 havia 90 mil lâmpadas de arco elétrico nos EUA, onde o desenvolvimento foi em maior escala do que em outros lugares. O diretor do arco elétrico é usado ainda hoje por muitos followspots<sup>6</sup> mais velhos e projetores de filmes, usado em instalações de entretenimento em todo o mundo.

### 2.6.2. Lâmpadas elétricas

Thomas Edison, empresário americano, foi um dos grandes gênios da nossa história, registrou mais de 2000 mil patentes, entre elas a da lâmpada elétrica, criada em 21 de outubro de 1879, utilizando inicialmente o fio de algodão carbonizado como um filamento, depois experimentou o papelão. Cerca de 100 destas lâmpadas foram usadas para a iluminação das ruas, do laboratório, e da estação em Menlo Park. Cada lâmpada foi avaliada como capaz de suprir 16 velas e consumiu cerca de 100 watts, ficando acessas em média por 100 horas [3].

Apesar da fama, Thomas Edison, não inventou a lâmpada elétrica, seu trabalho foi transformar a teoria em forma viável e concreta, sendo um dos primeiros a comercializar com sucesso a iluminação incandescente. A primeira patente da lâmpada incandescente foi apresentada por Henry Evans e Matthew Woodward, datada de 24 de julho de 1874, no entanto, foi provavelmente, o químico alemão Herman Sprengel, o pioneiro na lâmpada á vácuo, em 1865 [3].

Porém, no início, não eram todos os produtores que sabiam aproveitar esse invento, e a maioria se limitava à iluminação de lampiões padrão. Somente em 1882, um grupo de donos de teatro resolveu elaborar um relatório recomendando à todos os teatros a usarem eletricidade [8].

---

<sup>6</sup> **Followspots** tipo de projetor.

### 2.6.3. Lâmpadas de descarga de gás ou vapor

Na lâmpada de descarga, a luz é gerada direta ou indiretamente pela passagem de corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores.

[3] Descreve o surgimento da lâmpada de vapor de mercúrio, patenteada pelo americano Peter Cooper Hewitt, em 1901. Esta foi uma lâmpada de arco que usava vapor de mercúrio fechado em ampola de vidro. Lâmpadas de vapor de mercúrio foram os precursores para lâmpadas fluorescentes, usavam uma pequena lâmpada de gás de alta pressão e se desenvolveram em três segmentos principais: lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, lâmpadas de vapor de sódio, e as lâmpadas de iodetos metálicos.

Em 1915, Irving Langmuir sugeriu a substituição dos filamentos de carbono, por tungstênio, metal de alta resistência e elevado ponto de fusão, que se tornou padrão entre as lâmpadas incandescentes.

### 2.6.4. Lâmpadas fluorescentes

Friedrich Meyer, Hans Spanner, e Edmund Germer patentaram uma lâmpada fluorescente em 1927. Uma diferença entre as lâmpadas de vapor de mercúrio e as fluorescentes é que esta última é revestida no interior para aumentar a eficiência. No início, berílio foi usado como um revestimento, no entanto, o berílio era muito tóxico e foi substituído por alternativas mais seguras, com produtos químicos fluorescentes.

A lâmpada fluorescente foi introduzida pela primeira vez ao público na Feira Mundial de Nova York no final dos anos trinta (1937). As lâmpadas foram introduzidas comercialmente por volta de 1938.

A lâmpada fluorescente é uma fonte de baixa pressão de descarga de gás, no qual a luz é produzida predominantemente por pó fluorescente ativado pela energia ultravioleta gerada por um arco de mercúrio.

Desenvolvida no final dos anos 1980 a lâmpada fluorescente compacta revolucionou a indústria de iluminação, como uma eficácia de cerca de 65 a 80

lumens<sup>7</sup> por watt<sup>8</sup>, tornou muito mais viável economicamente que as incandescentes, passando a ser amplamente utilizadas nos ambientes domésticos.

### 2.6.5. Luzes ou lâmpadas de halogênio

Luzes halógenas são lâmpadas incandescentes com filamento de tungstênio contido em um gás inerte e com uma pequena quantidade de um elemento halogênio, iodo ou bromo, que as tornam mais eficientes e econômicas, podendo chegar a 5000 horas de vida útil.

Uma Patente dos EUA foi concedida a Elmer Friedrich e Wiley Emmett para uma lâmpada halógena de tungstênio, um tipo melhorado de lâmpada incandescente, em 1959 [3].

Posteriormente, em 1960, foi apresentada, pelo general engenheiro elétrico Fredrick Moby uma lâmpada de luz halógena de eficiência melhorada, que cabia em soquetes de lâmpada padrão. Durante o início dos anos 1970, os engenheiros de pesquisa da General Electric inventaram melhores formas para a fabricação de lâmpadas halógenas de tungstênio.

### 2.6.6. Diodo emissor de luz

O Diodo Emissor de Luz (LED) é um diodo semicondutor que quando energizado produz luz visível. O processo de emissão de luz se dá pela aplicação de uma fonte elétrica de energia e é chamado de eletroluminescência. Nas junções P-N, polarizada diretamente, ocorrem recombinações de lacunas e elétrons, esse novo ordenamento exige que a energia possuída por este elétron que até então era livre, seja liberada, o que ocorre na forma de calor ou fótons de luz. A radiação emitida pode ser invisível (infravermelho) ou no espectro visível. Por isso, são conhecidas também por lâmpadas de estado sólido [9].

---

<sup>7</sup> **Lúmen (LM):** é a unidade de medida utilizada para mensurar o fluxo luminoso de uma lâmpada.

<sup>8</sup> **Watt (W):** é uma unidade e potência, quantidade de energia que uma lâmpada usa para produzir luz.

Com o aprimoramento da tecnologia, os custos de produção vêm diminuindo, possibilitando a difusão da utilização do LED para iluminação doméstica e iluminação urbana.

## **2.7. História da Iluminação Pública (IP)**

A Iluminação Pública (IP) originou-se na Inglaterra, no ano de 1415, quando comerciantes solicitaram providência dos governantes para combate ao crime, ordenando a colocação de lanternas em alguns pontos da cidade. Dois séculos mais tarde, em Paris, foi ordenada a colocação de luzes nas janelas das casas dando para a rua, como meio de reduzir o crime [10].

Em 1762 a administração da cidade de Nova York instituiu um tributo para que a população pudesse contribuir com os serviços de instalação de lampiões, pagamento dos empregados de manutenção e do consumo de óleo. Nos EUA, em 1879, instalaram-se as primeiras luminárias com lâmpadas elétricas para atendimento a IP, os sistemas elétricos eram utilizados em conjunto com os lampiões em virtude de que estes se tornaram confiáveis somente a partir do século XX [11].

Em 1881, na Inglaterra, na cidade de Godalming, iniciou-se a contratação, pelo Conselho das Cidades, de empresas privadas, que assumiam a execução das obras e a manutenção de rede de IP, tendo sido verificada a primeira experiência na contratação de empresas privada por órgão público. O objetivo desta empresa era oferecer energia elétrica a quem desejasse, mas, como poucas pessoas aderiram a esta oferta, em pouco tempo a empresa fechou por falta de recursos para manter-se [11].

Após esta experiência mal sucedida sugeriram em diversas cidades da Inglaterra, mais precisamente em Londres e em Brighton, outras empresas. Estas empresas foram contratadas pelos conselhos das cidades, através de contratos de concessão, com objetivo de executar a atividade de distribuição de energia elétrica. Países da Europa, principalmente a França, a Itália e a Alemanha, aderiram às atividades de produção, distribuição e fornecimento de energia elétrica, visando o desenvolvimento urbano. No século XX houve a eletrificação dos países, através do

desenvolvimento ordenado e interligado das atividades de produção, transporte e distribuição de energia elétrica [11].

Durante o século XIX e início do século XX, foram utilizadas as lâmpadas a gás, em grande quantidade. Com o advento da eletricidade iniciou-se o fornecimento de energia elétrica, mais precisamente à IP, promovendo a substituição da iluminação a gás pela elétrica [11].

A partir de descoberta da luz elétrica, os lampiões passaram a ser substituídos e, com o passar dos anos, a luz incandescente teve grandes transformações até chegar aos modelos mais modernos da tecnologia atual. É fácil constatar que a aplicação da energia elétrica representou de fato a modernização do sistema de IP.

## 2.8. História da iluminação pública no Brasil

A Iluminação Pública no Brasil teve início no século XVIII, antes, nos primórdios do território brasileiro, o fogo e a lua eram as únicas fontes geradoras de luz para o período noturno.

Segundo [12], com o desembarque dos portugueses em solo tupiniquim, outras formas de iluminação oriundas da Europa foram sendo implantadas por aqui, ainda que de forma precária, com luminárias de iluminação externa, de aspecto decorativo, alimentadas através de óleo ou azeite de baleia<sup>9</sup>. Eram instaladas ao lado das ombreiras das portas de edifícios públicos, de residências de pessoas com maior poder aquisitivo ou em pequenas armações metálicas de baixa altura.

A transferência da capital da colônia para o Rio de Janeiro em 1793, segundo [13], alavancou o progresso, neste período, o Conde de Rezende, Vice-Rei do Brasil, introduziu o serviço de IP subsidiado pela coroa, sendo instalados 100 lampiões para iluminar um trecho da parte central da cidade. O sistema utilizado era muito deficiente para uma cidade que já contava com cerca de quarenta mil habitantes, estabelecia quatro lampiões nas ruas de maior movimento e dois nas demais. Toda a preocupação era voltada para a segurança, razão pela qual o sistema de IP estava subordinado ao departamento de Polícia. A precariedade dos

---

<sup>9</sup> A descoberta de petróleo na Pensilvânia (Estados Unidos), em 1859, livrou as baleias da extinção. Naquela época, o querosene diminuiu a pesca desses animais abatidos cruelmente para manter as lamparinas dos humanos acesas.



serviços de iluminação estava relacionada à necessidade frequente de manutenção, que era prestada pelos escravos, que necessitavam passar à noite, próximos as luminárias, sujos de óleo e fuligem.

Outra limitação refere-se aos combustíveis utilizados nesta época, por mais de 200 anos as necessidades mundiais de iluminação pública foram supridas por óleo de baleia, posteriormente, durante a revolução industrial, buscou-se alternativas mais eficientes para seus processos produtivos. Nesta busca, com os estudos, descobriu-se que a destilação do carvão mineral<sup>10</sup> gerava uma série de compostos de carbono, de alto poder calorífico e características iluminantes, tecnologia que foi concretizada por William Murdock<sup>11</sup> em 1802, porém esta implantação no Brasil implicou em altos custos pela importação da matéria, pois o carvão mineral com a qualidade do inglês era escasso por aqui.

Outro ponto de destaque na evolução da IP no Brasil foi a atuação do Visconde de Mauá, banqueiro, político e diplomata, ele foi um extraordinário empreendedor capitalista do século XIX. Mauá investiu em vários setores, principalmente em serviços públicos e inaugurou 1854 a iluminação urbana a gás pela destilação do carvão mineral. Em 1851 a sua empresa de IP assinou um contrato de concessão de duração de 25 anos de monopólio, como descrito na obra Mauá: O desafio inovador numa sociedade arcaica.

Três anos após (1854), surgia a CEG, com o nome de Companhia de Iluminação a Gás, já em 1857 a Companhia iluminava a cidade através de 3.027 lampiões públicos, 3.200 residências e três teatros. Em 1865, a CEG foi vendida para uma empresa inglesa que assumiu os serviços de gás através da Rio de Janeiro Gas Company Limited.

Em 1876, a concessão dos serviços de gás passou para a empresa belga Société Anonyme du Gaz - SAG.

O salto para os tempos atuais ocorreu em 1879, quando o Imperador Dom Pedro II encomendou a Thomaz Alva Edison a missão de introduzir no país aparelhos e processos de sua inven o destinados à utiliza o da eletricidade na IP, tendo sido inaugurada na Esta o Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II, atual Central do Brasil, a primeira instala o de ilumina o elétrica permanente. A inova o funcionou por um período de sete anos. Compreendia um locom vel de 7

---

<sup>10</sup> O **carvão mineral**   uma rocha sedimentar combustível, de cor preta ou marrom, que ocorre em estratos chamados camadas de carvão.

<sup>11</sup> A ele é atribuída à inven o da ilumina o a gás, e ainda diversas inova es no motor a vapor, com o desenvolvimento de protótipos de locomotivas e barcos a vapor.

CV<sup>12</sup>, dois dínamos Gramme<sup>13</sup> e seis lâmpadas de arco, do tipo Jablochhoff<sup>14</sup>, que substituíram os 46 bicos de gás que até então iluminavam o local. Foi a primeira vez que a energia elétrica foi gerada por meios mecânicos no Brasil. Após a Proclamação da República, em 1889, a Estrada de Ferro D. Pedro II passou a denominar-se Estrada de Ferro Central do Brasil (EFCB). Assim, a eletricidade experimentou no Brasil suas primeiras funcionalidades na segunda metade do século XIX, tendo sido implementada no transporte, na iluminação pública e na indústria. A cidade de Campos (RJ) tornou-se o primeiro município da América do Sul a receber iluminação elétrica pública, em 1883.

Ainda em 1883, entrou em operação a primeira usina hidrelétrica no país, localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina - Minas Gerais.

A primeira usina do Rio Grande do Sul, a termelétrica Velha Porto Alegre, entrou em operação e tornou Porto Alegre a primeira capital brasileira a contar com IP elétrica. A usina foi construída pela Companhia Fiat Lux, utilizava lenha como combustível e possuía, inicialmente, um dínamo de 160 kW. Com as ampliações verificadas até o final da década de 1930, a usina chegou a totalizar 18.630 kW de capacidade instalada, sendo desativada em 1949. Este foi o segundo serviço de iluminação a ser instalado em caráter permanente no país.

Em 1887 entrou em operação a primeira hidrelétrica de maior porte do Brasil, Marmelos-Zero da Companhia Mineira de Eletricidade, pertencente ao industrial Bernardo Mascarenhas, em Juiz de Fora - MG.

Segundo [14] a expansão da eletricidade ocorreu a partir de 1899, em decorrência da atuação da primeira grande empresa de energia no país: a The São Paulo Railway, Light and Power Empresa Cliente Ltd - SP RAILWAY, de iniciativa privada. A companhia tinha como objetivo o estabelecimento e operação de centrais para a produção, utilização e venda de eletricidade gerada por força a vapor, gás, pneumática, mecânica e hidráulica, além da implantação de linhas férreas, telegráficas e telefônicas. Por meio de decreto do Presidente Campos Sales a Light and Power recebeu autorização para instalar-se no Brasil, garantindo desde então o

<sup>12</sup> **Cavalo-vapor (CV)** é uma unidade de medida de potência.

<sup>13</sup> Um **dínamo** é uma máquina geradora de corrente contínua, utilizada geralmente em automóveis e bicicletas. No entanto a primeira máquina contendo os elementos essenciais dos **dínamos** modernos, foi fabricada em 1871 pelo inventor belga Zénobe **Gramme**.

<sup>14</sup> Conhecida também por **Vela Elétrica** foi uma das novidades apresentadas na Exposição Universal de Paris de 1878, embora já tivesse tido um sucesso imediato no ano anterior, desenvolvida pelo russo Paul Jablochhoff.

monopólio dos serviços de bondes elétricos e do fornecimento de energia elétrica na cidade de São Paulo, que passava por um acelerado crescimento urbano em decorrência da expansão do complexo cafeeiro. A partir daí, o crescimento da energia elétrica no estado não parou, diretamente vinculado a seu desenvolvimento.

Estudiosos concordam que a expansão da eletricidade se dá exatamente no regime republicano, quando a cidade deixa de ser um município neutro da corte para se tornar um distrito federal, passando a ser administrada pelos poderes municipal e federal [15].

Por questões de contratos de concessão que a Société Anonyme du Gaz (SAG) mantinha com o governo imperial, recusando-se a aceitar a ingerência municipal, a iluminação urbana a gás persistiu por mais tempo no Rio de Janeiro, ao contrário de outros centros urbanos como Campos (RJ), Juiz de Fora (MG) e São Carlos (SP) que já partiram para a iluminação elétrica [15].

A partir a utilização de gás e energia elétrica o uso de postes passa a ser essencial, pois permitia a distribuição dos pontos de iluminação, servindo também de adereços para as cidades. Inicialmente, além da tecnologia, os equipamentos eram importados da Europa, porém, com a expansão dos serviços de iluminação iniciou-se a fabricação no Brasil dos equipamentos elétricos a partir do século XX.

O período de 1898 a 1929 caracterizou-se pelo aporte do capital estrangeiro e grupos privados. A empresa General Electric Company (GE), que antes importava os produtos de iluminação para vender no mercado brasileiro, montou em 1921 a primeira fábrica de lâmpadas e a primeira operação industrial de porte para fabricar produtos elétricos no Brasil. Em 1929, a GE inaugura a fábrica de medidores de energia elétrica, em 1930 a fábrica de transformadores de distribuição, em 1936 a fábrica de transformadores de força, em 1938 a produção automática de bulbo de vidros, em 1965 lâmpadas a vapor de mercúrio e em 1978 a lâmpada vapor de sódio em alta pressão, dentre outras fábricas de produtos elétricos.

O centro de Memória da Eletricidade no Brasil apresenta as principais características das fases de desenvolvimento do setor [16]:

### **1879-1896 Experiências e empreendimentos pioneiros;**

D. Pedro II concedeu a Thomas Alva Edison o privilégio de introduzir no Brasil aparelhos e processos destinados à utilização da luz elétrica na iluminação pública.

### **1898-1929 - Capital estrangeiro e grupos privados nacionais;**

Criação da Companhia Energia Elétrica da Bahia (CEEB), com controle acionário do grupo American & Foreign Power Company (AMFORP)<sup>15</sup>, responsável pelos serviços de telefonia e de distribuição de energia elétrica;

### **1931-1945 – Regulamentação e aumento da capacidade instalada**

Primeiro passo para a afirmação da União como poder concedente no campo da energia elétrica, a promulgação do Decreto nº 20.395, de 15 de setembro de 1931, determina a suspensão de todos os atos de alienação, oneração, promessa ou início de transferência de cursos perenes ou quedas d'água.

### **1948-1963 - Políticas de governo e empresas públicas;**

Criação, pela Lei nº 541, de 9 de dezembro de 1948, da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), com o objetivo de elaborar e implementar o Plano Geral para o Aproveitamento do Vale do São Francisco. Aprovado somente em 1955 pelo Congresso Nacional, o Plano versava sobre a regularização do rio São Francisco, a utilização de seu potencial hidrelétrico e o desenvolvimento socioeconômico da região.

### **1964-1990 - Consolidação e crise do modelo estatal**

Congresso Nacional autoriza, em outubro, a compra das dez subsidiárias do grupo norte-americano American & Foreign Power Company (Amforp) pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás).

### **1992-2009 - Privatização e reformas**

Criação, pela Lei nº 8.422, de 13 de maio de 1992, do Ministério de Minas e Energia (MME), simultaneamente com a extinção do Ministério da Infra-Estrutura (Minfra), que havia incorporado as atribuições do Ministério das Minas e Energia (MME) por ocasião de sua criação, em 1990. Inclusão, pelo Decreto nº 572, de 22 de junho, da Espírito Santo Centrais Elétricas (Escelsa) e da Light Serviços de Eletricidade no Programa Nacional de Desestatização (PND).

A tabela a seguir resume as fases estruturais do setor elétrico no Brasil:

<sup>15</sup> **AMFORP:** Importante empresa de energia norte-americana que adquiriu concessões no Brasil a partir de 1926.

Tabela 1. Fases da estruturação do setor elétrico brasileiro

<b>Período</b>	<b>1880</b>	<b>1930</b>	<b>1960</b>	<b>1990</b>	<b>2003</b>	<b>2010</b>
<b>Propriedades de ativos</b>	Privada	Privada	Estatal	Privada	Semiprivada	Parceria Pública-privada
<b>Principal objetivo</b>	Implantação e consolidação	Institucionalização	Crescimento	Introdução de competição	Universalização do acesso	Modernização
<b>Contexto político</b>	República Velha	Estado Novo	Autoritarismo	Democracia	Democracia	Democracia
<b>Economia</b>	Agroexportadora	Industrialização (substituição de importações)	Grandes companhias	Desestatização e neoliberalismo	Desenvolvimentismo	Acordos climáticos
<b>Financiamento do setor</b>	Capital agrário	Empréstimos externos e autofinanciamento	Financiamento público e tarifas	Project-finance	Vários modelos, principalmente financiamento público	Investimentos privados
<b>Processo de regulação tarifária</b>	Contratos bilaterais	Cláusula Ouro	Custo do serviço	Preço-teto incentivo	Preço-teto incentivo	Bandeiras tarifárias
<b>Maior demanda</b>	Iluminação pública e transporte	Urbanização e industrialização	Indústria e urbanização	Diversificação da matriz energética	Indústria, transportes	Modernização e expansão
<b>Tecnologias e fontes primárias de maior destaque</b>	Pequenas usinas	Distribuição	Transmissão interligada, geração de grande escala	Diversificação, combustíveis fósseis (gás natural)	Fontes renováveis (eólica, solar fotovoltaica, biomassa)	Eficiência energética

Fonte: Revista da USP [17], com adaptações referentes ao ano de 2010

Como visto na Tabela 1, as primeiras iniciativas no setor elétrico foram oriundas da iniciativa privada, somente na década de 60, destacando a política desenvolvimentista do presidente Juscelino Kubitschek, conhecida como Plano de Metas, quando foi criado o Ministério das Minas e Energia – MME, o estado começou a investir. Durante a presidência de Jânio Quadros foi criada a Eletrobrás, constituída em 1962 pelo Presidente João Goulart para coordenar o setor elétrico brasileiro. Em 1965 foi criada o DNAE, do Departamento Nacional de Águas e Energia, transformado, em 1969, em Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE. Em 1988 foi criada a Revisão Institucional de Energia Elétrica – REVISE, embrião das alterações promovidas no setor de energia elétrica durante a década de 1990, que foram motivadas ainda mais pela Lei nº 8.031 criando o Programa Nacional de Desestatização<sup>16</sup> – PND.

<sup>16</sup> O Programa Nacional de Desestatização assenta-se na premissa de que o Estado desenhava-se em quatro setores muito bem definidos, a saber: (1) o núcleo estratégico do Estado, (2) as atividades exclusivas de Estado, (3) os serviços não exclusivos ou competitivos e, (4) a produção de bens e serviços para o mercado. (PEREIRA, 1997, p. 24). A desestatização envolve essencialmente os dois últimos setores acima indicados.

## 2.9. Aspectos sobre a municipalização da iluminação pública no Brasil

Aprovada pela Assembleia Nacional Constituinte em 22 de setembro de 1988 e promulgada em 5 de outubro de 1988, a Constituição da República Federativa do Brasil é a lei fundamental e suprema do País, servindo de parâmetro de validade a todas as demais espécies normativas, situando-se no topo do ordenamento jurídico.

A Constituição Federal (CF), no Artigo 30, dita que compete aos municípios organizar e prestar, diretamente ou sob-regime de concessão ou permissão, os serviços de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial. Assim, a CF pode ser visto como o início da regulamentação da Iluminação Pública (IP) no Brasil.

As mudanças, que o modelo instrucional do setor de energia elétrica, enfrentou a partir de década de 90, possibilitou a privatização das companhias operadoras, com a criação da Lei 9.427, de dezembro de 1996, gerenciada pela ANEEL<sup>17</sup>, a exploração dos potenciais hidráulicos passou a ser concedida por meio concorrência ou leilão, em que o maior valor oferecido pela outorga (Uso do Bem Público) determinaria o vencedor.

Já em 2004, foi introduzido o novo modelo do setor elétrico, que teve como objetivos principais: garantir a segurança no suprimento; promover a modicidade tarifária; e promover a inserção social, em particular pelos programas de universalização, como o programa luz para todos. Sua implantação marcou a retomada da responsabilidade do planejamento do setor de energia elétrica pelo Estado.

Amparada pela Emenda Constitucional nº 39, de 2002, incluída no art. 149-A, a ANEEL, por Audiência Pública, recebeu sugestões de agentes do setor e da sociedade em geral, as quais contribuíram para o aperfeiçoamento e atualização das condições gerais de fornecimento de energia elétrica, que motivaram, entre outras normativas, a municipalização da iluminação pública, instituída pela Resolução Normativa nº 414, publicada em setembro de 2010, que estabeleceu que as

---

<sup>17</sup> A ANEEL sucedeu o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), uma autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME). Como agência reguladora, em síntese tem por objetivo atuar de forma a garantir, por meio da regulamentação e fiscalização, a operação de todos os agentes em um ambiente de equilíbrio que permita, às companhias, a obtenção de resultados sólidos ao longo do tempo e, ao consumidor, a modicidade tarifária.

distribuidoras de energia elétrica deveriam transferir o sistema de IP, registrado como AIS, à pessoa jurídica de direito público competente (art. 218), ou seja, aos Municípios. Isso significou que as concessionárias de energia elétrica deveriam transferir a responsabilidade por investimento, operação, manutenção e prestação de serviços de iluminação em espaços públicos aos 5.570 municípios brasileiros, que passarão a assumir serviços como reposição de lâmpadas, cabos condutores, luminárias, conexões elétricas e tudo aquilo necessário à prestação adequada do serviço de IP.

Já a Ementa Constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2012, estabelece que os Municípios e o Distrito Federal possam instituir contribuição, na forma das respectivas leis, para o custeio do serviço de iluminação pública.

A legalidade e a constitucionalidade da Resolução nº 414 são bastante discutíveis. Várias cidades pelo Brasil procuram a justiça questionando esta Resolução, algumas conseguiram liminares suspendendo a obrigatoriedade, casos de Mogi das Cruzes e Nova Odessa, interior de São Paulo. O argumento utilizado para sustentar a ilegalidade e a inconstitucionalidade dessa Resolução Normativa é que seu conteúdo exorbita a competência regulamentadora da ANEEL. A agência reguladora, por seu turno, alega que a resolução é plenamente válida, tanto no aspecto legal quanto no constitucional, e que resultou de anos e anos de estudos técnicos e jurídicos.

Os municípios, principalmente os de pequeno orçamento, alegam que a atribuição de mais esse encargo sobrecarregará ainda mais suas finanças. Por exemplo, o município de Alfenas, interior de Minas Gerais alegou que o interesse público tem sido atendido e que o serviço vem sendo prestado de forma satisfatória pela concessionária de energia elétrica e que a transferência do serviço de iluminação pública ao município implicaria um grande impacto orçamentário.

De acordo com o advogado Alfredo Gioielli, especialista no segmento de IP e em Direito Processual Tributário, a transferência da IP aos municípios pode majorar os gastos em até 70% (setenta por cento), em função da falta de pessoal, de equipamentos e também dos benefícios fiscais concedidos às concessionárias de energia elétrica, que não serão concedidos aos municípios. O especialista acredita que o custo da manutenção, que, atualmente, varia de R\$ 1,50 a R\$ 2,00 (projeção de março de 2013) por ponto de iluminação, pode chegar até a R\$ 11,00 numa licitação para terceirização dos serviços [18], um aumento de 550%.

Outro aspecto que o ilustre advogado levanta diz respeito à grande vantagem que as concessionárias de energia elétrica terão, caso saiam vencedoras de licitações promovidas pelos municípios, visto que continuarão realizando o mesmo trabalho, mas recebendo valores muito superiores que os de outrora.

Apesar de todos os questionamentos, a municipalização parece ser um caminho irreversível e cabe aos municípios estudarem as melhores alternativas de atender a lei, seja assumindo a responsabilidade diretamente ou terceirizando o gerenciamento da atividade.

A seguir discutiremos como outros países lidam com esta questão, ou mesmo, caso de cidades brasileiras que promoveram políticas bem sucedidas a respeito de iluminação.

### **3. Iluminação pública e eficiência energética**

No sentido da municipalização, as cidades, através de seus agentes: poder público, empresários e cidadãos precisam vislumbrar todos os pontos impactados pela mudança na política de Iluminação Pública (IP).

Mesmo quando de responsabilidade das empresas concessionárias, tempo anterior a 2015, quanto atualmente, de responsabilidade do estado, os impactos financeiros pesam sempre sobre a população. Mas é importante destacar que, para esta questão, não apenas o impacto financeiro deve ser tratado, pensado em longo prazo é preciso repensar a política de uso dos recursos naturais finitos, levando em consideração o aumento da demanda com a expansão das cidades. A questão essencial é discutir medidas para melhorar a eficiência dos recursos, preconizando a qualidade, a economia e a sustentabilidade.

Neste sentido é preciso somar cos esforços já iniciados em outras localidades, de forma a aprimorar a gestão da IP, pensando na comodidade atual e das futuras gerações.

Outro aspecto que merece destaque é o fato da iluminação está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico da localidade, pode servir de medidor do nível de desenvolvimento. A Figura 4 mostra a evolução urbana da cidade de Los Angeles – EUA, do ponto de vista da iluminação pública, no período de aproximadamente 100 anos.



Figura 4. Vista superior da cidade de Los Angeles – EUA



### 3.1. Projetos modernos de iluminação pública

Pesquisando sobre os desafios municipalização, merece destaque a experiência da cidade de Rijeka na Croácia, apresentada pelo artigo *Energy efficiency public lighting management in the cities* [19].

Rijeka é a terceira maior cidade da Croácia, possui o principal porto do país. Está localizada no Golfo del Carnaro, uma reentrância do mar Adriático, com população de 144 mil habitantes, portanto, cidade mediana, considerando a proporção brasileira.

A iluminação pública na cidade de Rijeka custa cerca de 3% do consumo total de energia elétrica da cidade, o que é um custo significativo para o município. Por isso, a cidade decidiu começar a estudar um projeto de eficiência de iluminação pública no ano de 1998. Os principais objetivos do projeto eram:

- ✓ reduzir o consumo de energia na iluminação pública;
- ✓ diminuir a poluição gerada pela iluminação;
- ✓ promover metodologias para o consumo eficiente de energia.

O projeto foi dividido em quatro fases interligadas:

- 1) Gestão do projeto e desenvolvimento de GIS (Sistema de Informações Geográficas) e infraestrutura;
- 2) Investimento e manutenção, planejamento financeiro;
- 3) Medição e avaliação do projeto;
- 4) Campanha de comunicação, a fim de disseminar as informações sobre o projeto e promover a metodologia para outros municípios da região.

A cidade de Rijeka instituiu um departamento de gestão de IP em 1998 que no ano de 2002 foi fundido com a Energo<sup>18</sup> Ltd. Desde então, o foco na infraestrutura GIS se intensificou, tem sido considerada como uma importante ferramenta de gestão.

Vários projetos de eficiência energética na cidade de Rijeka já haviam sido estudados antes mesmo das novas leis que estimulam a eficiência energética terem sido sancionadas na Croácia. A Energo Ltd. desenvolveu a sua própria aplicação de IP em software GIS<sup>19</sup>, permitindo uma melhor funcionalidade e controle não só de cada lâmpada, mas também da rede total de iluminação pública, aumentando assim a eficiência energética e redução de custos. Os investimentos da melhoria da IP foram planejados como um projeto de longo prazo, de seis a sete anos. Desde 2003 lâmpadas de vapor de mercúrio (LVM) foram substituídas por lâmpadas de vapor de sódio (VPS), com uma melhor fotometria e características técnicas. Em comparação com as LVM, as lâmpadas VPS podem ser consideradas como mais eficientes, têm menor consumo e maior iluminação, ou seja, menor potência normalizada. Embora as lâmpadas VPS sejam mais caras, o ciclo de vida é duas vezes maior, reduzindo os custos de manutenção.

Em 2003, a cidade de Rijeka destinou de cerca de 380.000 mil euros para ampliação da rede e modernização dos recursos, que foram orientados sobre a disseminação da grade de iluminação pública em várias áreas da cidade. Além disso, um custo anual aproximado de 490.000 mil euros foi para a manutenção da iluminação pública, orientada principalmente na substituição de lâmpadas.

Lâmpadas de LVM de 400 W foram substituídas por lâmpadas VPS de 250 W (com ajuste adicional de redução de potência até 150 W). Além disso, as de 250 W LVM foram substituídos por 150/70 W lâmpadas VPS, e as de 125 W LVM foram substituídos com lâmpadas VPS de 70 W. De 2003 a 2008, a cidade de Rijeka investiu cerca de 2,5 milhões de euros na modernização da IP.

---

<sup>18</sup> A **Energo Ltd.** é uma companhia de serviços públicos especializados que opera na produção, fornecimento e distribuição de aquecimento e gás.

<sup>19</sup> **GIS** é um software livre com código-fonte aberto, multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados

Tabela 2. Investimentos realizados pela cidade de Rijeka

Ano	Total de postes	Total de postes Eficientes	Porcentagem	Total de postes Convencionais	Porcentagem	Consumo total (KWh)	O consumo médio de eletricidade por ano de cada poste (KWh)
2003	11.572	6627	57 %	4945	43 %	8643000	746,89
2004	11.920	7511	64 %	4393	36 %	8570000	718,96
2005	12141	8309	68 %	3832	32 %	8635000	711,23
2006	12459	9233	74 %	3226	26 %	7720000	619,63
2007	12627	9695	77 %	2932	23 %	8284000	656,05
2008	12765	10185	80 %	2580	20 %	8322000	651,94

Fonte: Tabela extraída de [19]

Embora em determinado período, o número de pontos de luz tenham aumentado em 10,31%, devido à expansão de novas áreas urbanas da cidade de Rijeka, o consumo total de energia elétrica sofreu redução de 3,7%. O indicador mais significativo é a escala de consumo médio de eletricidade por ano de cada poste de IP, que caiu de 746,89 kWh para 651,94 kWh, uma redução de aproximadamente 13% no consumo médio de cada poste.

Considerando o custo da iluminação pública de 0,15 euros por kWh, a poupança no consumo total de eletricidade, sem qualquer novo investimento, será de aproximadamente 135.872 euros por ano.

A análise financeira deste projeto, com horizonte de 20 anos, bem como o período de depreciação previsto, indica que o valor deste projeto é negativo, enquanto a TIR (Taxa Interna de Retorno) é apenas 0,81%. Esses resultados financeiros levam a uma conclusão de que relativamente ao benefício único da eficiência do consumo de eletricidade, este projeto é inviável.

Porém, com menos consumo de energia vem também a menor emissão de gases de efeito estufa. Para calcular as emissões de CO<sub>2</sub> da iluminação pública em Rijeka, foi calculado um fator de emissão de 323 g de CO<sub>2</sub>/ kWh. Considerando o consumo total de energia por ano na cidade, conclui-se que, em comparação a 2003, quando havia quase 1200 menos pontos de luz na cidade, há uma redução de 104 toneladas.

A emissão anual média de CO<sub>2</sub> por ponto de luz em Rijeka caiu de 0,2412 toneladas em 2003 para 0,2106 toneladas em 2008, o que representa uma melhoria de 13%, a redução se deve principalmente devido ao número de substituições de LVM de 400 W por lâmpadas VPS de 250 W.

### 3.1.1. Projeto Piloto - Reconstrução da iluminação pública em uma rua da cidade de Rijeka

Como a etapa inicial do projeto de Iluminação Pública (IP) da cidade de Rijeka mostrou-se financeiramente inviável, foi proposto um projeto-piloto com ajuda de fundos da União Europeia e Nacionais. O projeto contemplava cobrir cerca de 1,5 km, com a substituição de 50 LVM por lâmpadas VPS. O projeto tinha o objetivo de demonstrar como a substituição de lâmpadas em uma rede relativamente pequena traria efeitos financeiros e ecológicos positivos, bem como a melhoria do serviço de iluminação.

Os bulbos de mercúrio estavam operando durante o período de tempo de 10 horas por noite com a sua potência nominal de 400 W ( $P_1 = P_2 = 425$  W), considerando a potência do reator. As lâmpadas VPS, que substituíram as de mercúrio começam com potência nominal de 250 W ( $P_1 = 275$  W). Como a densidade de tráfego é significativamente reduzida durante a madrugada, um sistema de escurecimento muda a lâmpada para o modo de economia de energia para 150 W ( $P_2 = 170$  W). Embora a duração do período de poupança de energia dependa da estação do ano, 7 horas pode ser tomado como uma média. Assim o consumo C, por ano, dos N bulbos pode ser expresso como:

$$C = 365 \cdot N \cdot \left( \frac{3}{10} tP_1 + \frac{7}{10} tP_2 \right) \quad (1)$$

Após a substituição das lâmpadas, o consumo total é estimado em 36.773 kWh / ano, o que corresponde a 53% do consumo atual (77.562 kWh / ano), com a diferença de 815 kWh por ponto de iluminação. Um simples cálculo mostra que mesmo com o número duplo das lâmpadas VPS ( $N = 100$ ) consumir-se-ia menos energia do que 50 LVM, devido o menor consumo por lâmpada e o modo de economia de energia durante a noite.

Considerando a diminuição do consumo de energia, a redução do  $CO_2$  chegaria a 13,17 t / ano.

Avaliando a qualidade da iluminação, em média o projeto piloto aumenta em cerca de 570% (de 7,3 lux<sup>20</sup> para 41,6 lux).

<sup>20</sup> **Lux** (lx) é a unidade SI de medida de **iluminamento**, que mede a incidência perpendicular de 1 lúmen em uma superfície de 1 metro quadrado.

Considerando o custo total do projeto-piloto de 27.000 mil euros e o gasto com o consumo de energia para a iluminação pública, a economia direta de energia e a dos custos de manutenção, o investimento teria retorno em um período inferior a 5 anos.

Segundo [19], o projeto-piloto de iluminação pública na cidade de Rijeka pode ser facilmente utilizado como um modelo padrão para outros municípios que estão estudando projetos voltados à eficiência energética no setor de IP. Para tanto, propõe a seguinte metodologia:

- ✓ Criar um banco de dados da rede de iluminação pública existente possibilitando a sua modelagem matemática;
- ✓ Análise de consumo de energia elétrica de iluminação pública com base em tanto nas contas de energia elétrica quanto na análise do modelo matemático;
- ✓ Identificação de possíveis medidas que propiciam a eficiência energética na IP, tais como: a substituição de lâmpadas, aplicação do sistema de controle possibilitando a variação de potência, diminuição de potência nos períodos noturnos de baixo tráfego e aplicação de sistema de gestão para melhoramento dos serviços de reparo e prevenção.
- ✓ Simulação do modelo, apontando os ganhos relativos à economia de energia e redução de emissões de CO<sub>2</sub>.
- ✓ Análise de viabilidade financeira, investimento inicial e desenvolvimento do projeto;
- ✓ Medição e avaliação das melhorias na qualidade da iluminação, na redução de emissões de CO<sub>2</sub>, na diminuição da poluição luminosa e na redução do consumo de energia elétrica, em paralelo com uma campanha de comunicação.

## **4. Bases para os projetos de iluminação Pública**

Importante destacar que por questões, principalmente financeiras, é preciso aproveitar ao máximo toda a estrutura que os municípios já possuem com relação à IP, dessa forma, as proposições aqui levantadas levará em conta a estrutura física já presente nas cidades: os postes, os suportes das luminárias e a fiação. O trabalho se limitará em estudar os custos e benefícios de trocas das lâmpadas convencionais, por modelos LEDs, projetando a substituição acompanhada minimamente pela implantação de um modelo de gestão e controle.

Porém, antes de tratar diretamente das indicações sobre as propostas de IP fazem-se necessárias algumas definições, que serão descritas na sequencia.

### **4.1. Manual de iluminação pública**

A principal norma utilizada para determinar os requisitos a serem considerados nos projetos de IP é a ABNT NBR 5101, que foi atualizada pela última vez em 2012, em substituição a versão de 1992. Nesta época havia uma predominância das lâmpadas de vapor de mercúrio em alta pressão. Porém, com a chegada da tecnologia LEDs, já é tempo de discutir os aprimoramentos e novos critérios de projeto que devem ser realizados na norma brasileira de iluminação pública, conforme defende a matéria do Portal o Setor Elétrico de 12 de julho de 2017 [20].

Os requisitos da norma buscam estabelecer que os projetos de IP cumpram seus objetivos mínimos, de maneira a proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres de forma rápida, precisa e confortável, garantindo benefícios econômicos e sociais para seus usuários e para cidade, destacados a seguir:

- ✓ Redução de acidentes noturnos e perdas econômicas;
- ✓ Melhoria das condições de vida das comunidades carentes;
- ✓ Auxílio à proteção policial, com ênfase na segurança pessoal;

- ✓ Facilidade do fluxo do tráfego;
- ✓ Destaque a edifícios e obras públicas durante a noite.

Portanto, especialmente os novos projetos devem atentar detalhadamente as indicações da NBR 5101, estando alerta para possíveis atualizações do documento, conectados as novidades tecnológicas e até comportamentais que se apresentam constantemente nos tempos atuais. Diante dessas mudanças, existe certo entendimento que a viabilidade dos projetos não pode mais ser medida considerando somente a vida útil dos equipamentos empregados, pois estes podem ser substituídos por outros mais avançados.

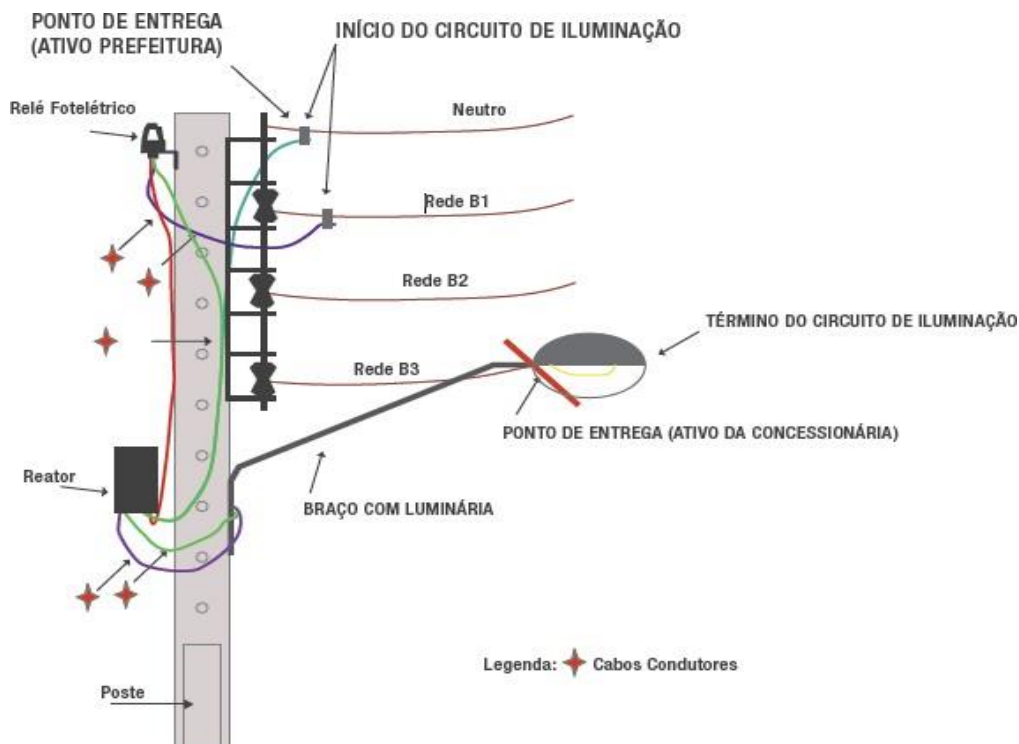
Para as discussões que serão levantadas, como o estudo não prevê teste e ou medições, assumiu-se a limitação de se considerar todos os pontos estruturais já existentes na cidade, bem como a potência hora utilizada, ou seja, não coube aqui a avaliação se a iluminação existente cumpre as normas estabelecidas, partiu do pressuposto de apresentar um projeto que em termos de qualidade apresenta similaridade com a situação presente, sendo o ganho direcionado principalmente para a questão da redução do consumo de energia elétrica. Para projetos mais elaborados seria necessário realizar um estudo detalho dos meios físicos, vias e passeio, realizar estudos com relação aos índices de iluminação exigidos. Além das normas técnicas, os dois próximos parágrafos destacarão as alterações políticas que o setor de IP sofreu nos últimos anos.

Referenciando a Resolução Normativa Nº 414/2010; Seção X; Da Iluminação Pública; Art. 21. “A elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do ente municipal ou de quem tenha recebido deste a delegação para prestar tais serviços. (Redação dada pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)” [21].

Ainda na mesma Resolução, no Art. 218 estabelece que “a distribuidora deve transferir o sistema de iluminação pública registrado como Ativo Imobilizado em Serviço – AIS à pessoa jurídica de direito público competente. (Redação dada pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)”. No § 2º “Até que as instalações de iluminação pública sejam transferidas, devem ser observadas as seguintes condições: (Redação dada pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012). No item I - o ponto de entrega se situará no bulbo da lâmpada; (Incluído pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)”.

Este último parágrafo define, exatamente, em termos de utensílios e equipamentos, o que é de responsabilidade do município, da ponta final a lâmpada até os equipamentos auxiliares, como relés e reatores, conforme ilustrado na Figura abaixo.

Figura 5. Montagem padrão de um ponto de IP



Para detalhar as condições e os pontos de entrega da rede de iluminação pública, a secretária de Energia do Estado de São Paulo lançou em 2013 uma cartilha [23], de onde foram extraídas as principais informações que indicam com clareza os limites estruturais, ou seja, os recursos de responsabilidade do município que devem ser considerados nos projetos de IP, que serão destacados na seção seguinte.



## **4.2. Componentes de um circuito de iluminação**

O sistema de IP considerado como Ativo Imobilizado em Serviço (AIS) compreende as luminárias, lâmpadas, relés fotoétricos e fotoeletrônicos, reatores, braços de sustentação da luminária, eletrodutos, caixas de passagem, condutores e circuitos utilizados exclusivamente para atender a IP com ou sem transformadores. Os postes e a rede de transmissão de energia elétrica são ativos ligados sempre à concessionária.

Quando o ativo da IP, situado entre ponto de conexão com a rede de distribuição de energia elétrica da concessionária até o bulbo da lâmpada é responsabilidade da distribuidora, a tarifa aplicada é a B4b sobre o consumo total de energia elétrica do sistema de IP.

Quando todo o ativo da IP, desde o ponto de ligação da rede de distribuição finalizando na lâmpada é de responsabilidade do poder público municipal, o valor da tarifa é B4a, cerca de 9% inferior a tarifa B4b.

## **4.3. As tarifas a serem pagas pelo município**





O Inciso XXXVIII do Art. 2º da Resolução Normativa ANEEL 414/2010, enquadra a IP, grupo B e subgrupo B4, composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia (tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização no dia). Por fim, como já destacado, este subgrupo se divide ainda em B4a e B4b, dependendo do ponto de entrega dos ativos da IP. Essa tarifa representa apenas o consumo de energia do sistema de IP.

Quando a concessionária presta o serviço de IP no município, a tarifa é acrescida de uma parcela relacionada ao custeio de operação e manutenção do sistema e, segundo a Resolução 414/2010, a tarifa aplicada é a B4b; neste caso, o ponto de entrega é considerado como sendo o “bulbo da lâmpada”, conforme já mencionado.

Os valores das tarifas de energia elétrica são definidos anualmente pela própria ANEEL, por meio de resolução homologatória, e são diferenciados entre as concessionárias de distribuição. A tabela 3 relaciona, a título de ilustração, os


valores das tarifas B4a e B4b adotadas pela CEMIG em 2018.


Tabela 3. Tarifas aplicadas pela CEMIG no ano de 2018


B4 Iluminação Pública	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh	 Consumo R\$/kWh
Iluminação Pública B4a Rede de distribuição	0,32277	0,33277	0,35277	0,37277
Iluminação Pública B4b Bulbo da Lâmpada	0,35211	0,36211	0,38211	0,40211


Fonte: CEMIG

Desde o ano de 2015, as contas de energia passaram a trazer uma novidade: o sistema de bandeiras tarifárias (A Resolução Normativa nº 547, de 16 de abril de 2013), apresenta as seguintes modalidades:

 **Bandeira verde:** condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;

 **Bandeira amarela:** condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

 **Bandeira vermelha - Patamar 1:** condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

 **Bandeira vermelha - Patamar 2:** condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,050 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

#### 4.4. Procedimentos contábeis da transferência

Ponto importante do processo de transferência de responsabilidades sobre a IP diz respeito aos procedimentos contábeis para a transferência, sem ônus para o Poder Público municipal, dos ativos de IP registrados no Ativo Imobilizado das concessionárias de serviços públicos de distribuição de energia, cujas regras estão contidas na Resolução Normativa ANEEL 480/2012 e no Manual de Contabilidade do Serviço Público de Energia Elétrica, instituído pela Resolução Normativa 444/2001.

A Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP) está

prevista no artigo 149-A da Constituição Federal de 1988, que estabelece, entre as competências dos municípios, dispor, conforme lei específica aprovada pela Câmara Municipal, a forma de cobrança e a base de cálculo da CIP. Assim, é atribuída ao Poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública. Neste caso, a concessionária apenas arrecada a taxa de iluminação pública para o município. O repasse é feito mesmo quando o consumidor deixa de pagar a conta de energia

Como referências, são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6 com os valores atribuídos ao custeio da IP nos municípios mineiros de Ouro Preto, Belo Horizonte e Ouro Branco, aprovados por lei dos respectivos municípios de Minas Gerais, em geral, a regra para a captação dos recursos é a seguinte: Os munícipes contribuirão por imóveis urbanos edificados: como casas, lojas e outros, a contribuição será mensal através das contas de luz e os valores serão baseados no consumo de energia de cada edificação. Para imóveis urbanos não edificados: lotes sem construção, a contribuição será anual e baseada na metragem da frente do terreno, podendo ser realizada através da guia de pagamento do IPTU.

Destacando que o custeio envolve as despesas mensais com energia consumida pelos serviços de iluminação pública; Despesas mensais com administração, operações e manutenção dos serviços de iluminação pública; Quotas mensais de depreciação de bens e instalações do sistema de iluminação pública; Quotas mensais de investimentos destinados a suprir encargos financeiros para a expansão, melhoria ou modernização do sistema de IP.

Tabela 4. Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública da cidade de Ouro Preto - MG

Consumo mensal - kWh	Percentuais da tarifa de IP
0 a 30	Isento
31 a 50	1%
51 a 100	2%
101 a 200	3,5%
201 a 300	5,5%
Acima de 300	6,5%

Fonte: LEI 109/02 – Prefeitura Municipal de Ouro Preto [24]

Para a cidade de Ouro Preto, a contribuição para custeio do serviço de IP será calculada sobre o valor da tarifa de consumo, adotado nos intervalos indicados

pelos percentuais correspondentes, por exemplo, a residência de consumo de 31 a 50 KWh de energia elétrica contribuirá com o 1% sobre o valor líquido da fatura.

Vale ressaltar, que se trata de lei de 2002, pode ser que estas referências já tenham sido ajustadas pelo Município, porém não estão divulgadas via acesso remoto.

Tabela 5. TCIP: Tarifa Convencional de Iluminação Pública da cidade de Belo Horizonte - MG

Consumo mensal – kWh	Tarifa aplicada sobre a TCIP
até 100	1% da TCIP
101 a 200	4% da TCIP
201 a 300	6% da TCIP
301 a 500	8% da TCIP
mais de 500	10% da TCIP
Imóvel sem medidor	60% da TCIP

Lei Nº 10.894, de 29 de dezembro de 2015 [25]

Para a cidade de Belo Horizonte a tarifa é aplicada sobre a TCIP,  $TCIP = 1,0909 \times$  Tarifa Convencional do subgrupo B4a - Iluminação Pública, a lei é 2015.

Tabela 6. Contribuição para custeio da iluminação pública da cidade de Ouro Branco

Consumo mensal - kWh	Tarifa aplicada sobre o consumo
0 a 50	isento
51 a 100	1,5%
101 a 200	3%
201 a 300	4%
301 a 500	5%
501 a 1000	6%
1001 a 5000	7%
Acima de 5001	8%
Imóveis urbanos não edificadas	R\$ 5,00

Valor anual por metro linear de frente do imóvel

Fonte: Prefeitura Municipal de Ouro Branco [26]

Como na cidade de Ouro Preto, em Ouro Branco a tarifa é aplicada sobre o consumo, diferenciando as faixas de valores, a lei é de 2016.

A Prefeitura Municipal de Ouro Branco estima arrecadar cerca de R\$ 200.475,00 com a CCIP sobre os imóveis urbanos edificados. O valor será aplicado no pagamento da energia elétrica e na manutenção dos equipamentos da iluminação pública municipal, como a troca de lâmpadas, reatores e outras demandas. Quanto

aos imóveis não edificados, ainda está sendo realizado o levantamento da arrecadação prevista.

#### **4.5. As cobranças no período anterior a municipalização**

A distribuidora de energia elétrica era responsável pela construção, operação e manutenção da rede de distribuição de energia elétrica e vinha também assumindo a estrutura de IP, geralmente compartilhada com a mesma rede. Para isso, a distribuidora dispunha de quadro de pessoal técnico qualificado, materiais e equipamentos adequados e uma logística estruturada para suportar essas atividades, que são correlatas. Por esse serviço, o município vinha pagando a tarifa B4b que, como já comentado, inclui o fornecimento de energia e a prestação do serviço de IP, com manutenção dos ativos pela distribuidora.

Segundo dados divulgados no Seminário 'Iluminação das Cidades – Regulação e Práticas Administrativas', realizado no TCESP em 12 de setembro de 2014, por questões de logística e mobilização de pessoal e infraestrutura, foi estimado um custo para cada ponto de IP, que aos cuidados da concessionária de energia elétrica girava em torno de R\$ 1,50 e R\$ 2,00, com a transferência dos ativos aos municípios, saltará para aproximadamente R\$ 8,00 e R\$ 9,00, um aumento de aproximadamente 450%.

A Secretaria de energia do Estado de São Paulo em 2013 estimou um custo mensal de operação e manutenção de cada ponto (conjunto luminotécnico) entre R\$ 8,00 e R\$ 15,00, podendo, em alguns casos, ultrapassar esse valor máximo. Essa variação está fortemente atrelada ao número de pontos existentes, dentre outros fatores, apontou o estudo.

Após transferência dos ativos de IP aos municípios, será aplicada a tarifa B4a sobre o consumo de energia elétrica do próprio sistema de IP, que é cerca de 9% menor do que a B4b, resultando num ganho imediato (economia) à municipalidade, na fatura de energia elétrica. Entretanto, a prefeitura passará a ter despesas com operação e manutenção do sistema, que antes não possuía.

Para fins de faturamento da energia elétrica destinada à IP ou à iluminação de vias internas de condomínios, o tempo a ser considerado para consumo diário deve ser de 11 horas e 52 minutos, ressalvado o caso de logradouros que necessitem de

iluminação permanente, em que o tempo é de 24 horas por dia do período de fornecimento (Resolução Normativa ANEEL 414/2010).

Assim, o custo total da IP de um determinado município será o custo estimado com manutenção e operação de cada ponto somado ao consumo geral de energia elétrica, calculada pela potencia das lâmpadas utilizadas.

#### **4.6. Propriedade das instalações e ponto de entrega da CEMIG**

A CEMIG é a concessionária de energia que atende o estado de Minas Gerais, desta forma, foi utilizada como referência, a fim de obter informações sobre as regras da relação da empresa com o município, no tocante a IP.

Segundo [27], o sistema e as instalações de IP são de propriedade, posse e toda responsabilidade do município. O ponto de entrega do sistema de IP em rede de distribuição aérea é na conexão da rede de distribuição da CEMIG D<sup>21</sup> com as instalações elétricas do sistema de iluminação. Na rede de distribuição subterrânea é na conexão da rede de distribuição da CEMIG D com as instalações elétricas do sistema de iluminação pública na caixa de passagem localizada próxima ao poste onde se encontra as instalações de iluminação. O ponto de entrega dos circuitos exclusivos de iluminação pública será na conexão com o secundário do transformador de distribuição.

Os postes e a rede de distribuição são de propriedade da União, sob concessão da CEMIG D, e, devem ser utilizados exclusivamente pela CEMIG D, tanto para realização da operação e manutenção do seu sistema elétrico de distribuição, quanto para realização de obras neste sistema elétrico.

A CEMIG D, ao seu critério, cede, enquanto vigorar o presente contrato, o uso dos postes sob sua responsabilidade, exclusivamente, para fins de instalação do sistema de iluminação pública do município, sem ônus para este e sem que isto implique, de modo algum, em servidão de uso em favor do ocupante. O município, de nenhuma forma, poderá utilizar os postes da CEMIG D sem a prévia e formal autorização da CEMIG D, sob pena de responsabilização civil, penal, ambiental e administrativa.

---

<sup>21</sup> A **Cemig Distribuição** – "**CEMIG D**", em conjunto com seu grupo, é responsável pelo atendimento a mais de 11 milhões de consumidores em 774 municípios de Minas Gerais e outros estados em que atua.

A conexão de novas cargas, desconexão ou alteração da carga instalada deve ser feita com aprovação prévia da CEMIG D. Havendo ligação de cargas para iluminação pública em caráter definitivo ou provisório, sem aprovação prévia da CEMIG D, a mesma fica autorizada a retirá-las, com ônus ao município. É considerada carga instalada o valor em kW, correspondente ao somatório das potências das lâmpadas instaladas no sistema de IP, acrescida do somatório das potências dos equipamentos auxiliares.

O município deve manter junto à CEMIG D cadastro atualizado constando, no mínimo, o tipo, a potência, a localização e o número total de pontos existentes. A CEMIG D se reserva o direito de executar auditorias periódicas. Caso seja constatada divergência cadastral de potência, tipo ou quantidade das lâmpadas em relação ao verificado em campo, a CEMIG D acrescentará este consumo adicional no faturamento mensal de Iluminação Pública. Caso a divergência cadastral tenha sido ocasionada por ação do MUNICÍPIO, a CEMIG D poderá:

- a) aplicar multa ao município de R\$ 500,00 (quinhentos reais) por ponto de Iluminação Pública divergente e;
- b) retroagir, em até 36 meses, a cobrança das diferenças de consumo apuradas conforme disposto no artigo 132 da Resolução Normativa ANEEL 414/2010.

O valor da multa citado no Parágrafo anterior está referenciado à data de assinatura do termo e será atualizado anualmente, pela variação do IGP-M<sup>22</sup> da Fundação Getúlio Vargas.

O município deve realizar mensalmente inspeções diurnas no sistema de IP visando identificar e normalizar os pontos que estejam acesos ininterruptamente. Caso a CEMIG D identifique lâmpadas acesas durante o período diurno, notificará o município, que deverá regularizar o ponto notificado em até 15 (quinze) dias. Decorrido esse período e não regularizada a lâmpada acesa no período diurno, a CEMIG D poderá acrescentar o consumo adicional ao faturamento mensal, decorrente da iluminação pública acesa durante o dia.

O número de pontos de iluminação pública, por tipo e potência, e a carga

---

<sup>22</sup> IGP-M Índice Geral de Preços do Mercado é calculado mensalmente pela FGV e é divulgado no final de cada mês de referência.

instalada da iluminação pública é enviado, mensalmente, ao Município no anexo da fatura de energia elétrica do sistema de iluminação pública.

#### **4.7. Formas e condições para prestação dos serviços de operação e manutenção**

Cabe ao município executar a operação e a manutenção dos sistemas de iluminação pública, assumindo seus custos e riscos. Cabe à CEMIG D, fornecer energia elétrica para iluminação pública, nos termos do Contrato.

A CEMIG D mantém o cadastro do sistema de IP, o qual será a base das informações para o faturamento e como parte integrante para o dimensionamento das redes de distribuição de energia.

Caso sejam instalados equipamentos automáticos de controle de carga que reduzam o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação pública, o município deve enviar os laudos técnicos fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos ou cópias de relatórios técnicos dos ensaios realizados em laboratórios credenciados por órgão oficial para a CEMIG D, que analisará toda a documentação antes de proceder à revisão da estimativa de consumo e considerar a redução proporcionada por tais equipamentos.

No caso de fornecimento efetuado a partir de circuito exclusivo para iluminação pública, o município deve providenciar a adequação das instalações para que sejam instalados os respectivos equipamentos de medição sempre que a CEMIG D ou o município julgarem necessário. O medidor e demais equipamentos de medição serão fornecidos e instalados pela CEMIG D, às suas expensas, exceto quando previsto em contrário em legislação específica.

#### **4.8. Tarifas, tributos e cobrança do consumo**

O faturamento da energia elétrica destinada ao serviço de iluminação pública é realizado com base no valor da tarifa B4a, ou sua substituta, homologada pela ANEEL.

Sobre as faturas de energia elétrica do sistema de iluminação pública será



cobrada a alíquota referente ao imposto de circulação de mercadoria e serviço (ICMS) e demais impostos, taxas e encargos previstos em legislação específica.

O consumo de energia elétrica do sistema de IP com medição será calculado com base na leitura mensal. O consumo de energia elétrica do sistema de iluminação pública sem medição será calculado com base na carga instalada.

Para cálculo do consumo dos equipamentos auxiliares (Reatores) são adotados os valores de potência específicos da ABNT.

Para cálculo do consumo dos equipamentos auxiliares (relés) é considerada como quantidade de relés, a relação de 80% (oitenta por cento) do total de lâmpadas instaladas, e será adotada a potência individual de 1,2 W (um vírgula dois Watts), apurado com base em ensaios realizados em laboratórios nos equipamentos disponibilizados no mercado nacional.

Conforme estabelecido no artigo 24 da Resolução ANEEL nº 414/2010, para fins de faturamento mensal da energia elétrica destinada à IP ou à iluminação de vias internas de condomínios, o tempo a ser considerado para o consumo diário deve ser de 11 (onze) horas e 52 (cinquenta e dois) minutos, ressalvado o caso de logradouros que necessitem de iluminação permanente, em que o tempo é de 24 horas por dia do período de fornecimento.

Para as cargas não medidas e controladas por equipamentos automáticos de controle de potência, o consumo será calculado proporcionalmente à carga utilizada em cada intervalo de horário. As perdas elétricas proporcionadas ao sistema elétrico advindas destes equipamentos também serão cobradas do município.

A apresentação das faturas de energia elétrica é feita mensalmente de acordo com o calendário de faturamento da CEMIG D e seu vencimento será no mínimo 10 (dez) dias úteis após a data de apresentação das faturas. O não pagamento até a data estabelecida para o seu vencimento ensejará a aplicação de multa e acréscimos moratórios previstos na legislação específica e suas penalidades.

Nas faturas emitidas pela CEMIG D para pagamento pelo município, constam as contas relativas aos consumos de todas as unidades consumidoras de responsabilidade do mesmo, inclusive as do sistema de iluminação pública, que serão incluídas na fatura globalizada e consideradas como títulos executivos extrajudiciais, para efeito da cobrança especial segundo as normas processuais em vigor.

## 5. Melhoria do sistema de iluminação pública por modernização dos equipamentos

São vários modelos de lâmpada de IP utilizados no Brasil, variando também a potência utilizada, porém a descoberta das lâmpadas LEDs prometem revolucionar o setor. Para simplificar o cenário, será limitado aqui por diante a possibilidade de substituição de cerca de 2000 mil pontos de iluminação pública (quantidade de pontos de uma pequena cidade), considerando que no modelo atual, as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão são as mais comuns e o tempo de utilização será fixado em 12 horas por dia.

A lâmpada de vapor de sódio (VPS), comercializada a partir de 1955, tem produção de luz através da excitação de gases provocada por corrente elétrica, sendo a mais utilizada atualmente é a sistemas de IP do Brasil, possuem a desvantagem de possuir baixo índice de reprodução de cor, caracterizando-se pela cor amarelada da luz emitida.

O avanço tecnológico nos últimos anos se mostra cada vez mais veloz, moldando-se dentro dessas novas tendências e necessidades que a geração atual impõe, torna-se cada vez mais lúcido, por parte da sociedade, apontada aqui por empresários e poder público, a importância de produzir bens e serviços em conformidade com as questões ambientais, que muitas vezes se contrapõe com a realidade econômica mundial, puxada pelo capitalismo, baseada no consumismo.

Neste contexto, a IP tem um dilema que é preciso ser analisado em uma linha bastante tênue, ou seja, equipamentos mais modernos surgem a cada momento, a grande maioria criada sob viés da eficiência, que se traduz basicamente em economia de energia e respeito ao ambiente, porém, diferentes de outros setores, descartar os produtos atuais e trocar todo o sistema anularia o sentido de eficiência comprovadamente apresentada por estes novos equipamentos. A discussão é como modernizar a rede de iluminação, com o emprego de equipamentos mais eficientes, sem que sejam descartados de imediato os ativos atuais, a importância do planejamento.

A intenção aqui é comparar os dois tipos de lâmpadas específicos, as mais utilizadas atualmente, as lâmpadas VPS e as LEDs, avaliando os quesitos qualidade, potência e custo.

O LED é um diodo emissor de luz, um semicondutor que permite a passagem de corrente elétrica em apenas um sentido, que nesta passagem de corrente emite

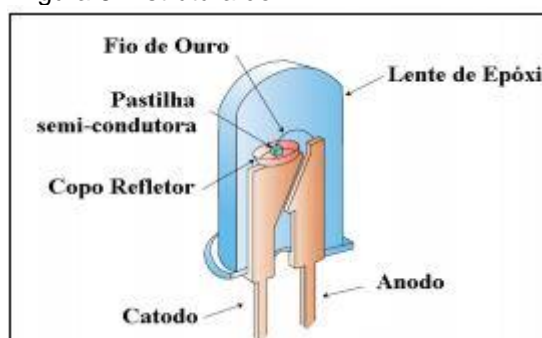
uma luz monocromática, mas a banda colorida é relativamente estreita, depende do cristal e da impureza de dopagem com que o componente é fabricado.

O primeiro LED foi desenvolvido em 1962, pelo americano Nick Holonyak, neste estágio só emitia luz vermelha, mas poucos anos depois, surgiram também as lâmpadas LED em amarelo e verde.

Outro salto tecnológico significativo aconteceu em 1993, quando os japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura encontraram uma forma de obter o LED da cor azul, utilizando o composto semiconductor de nitreto de gálio (GaN), a partir de então criou-se as condições necessárias para a obtenção do LED branco.

Após o surgimento da cor branca, o LED começou a ser utilizado em telas de televisão, celulares e até em lâmpadas para iluminação doméstica e pública. A descoberta foi tão importante que os responsáveis foram premiados com o Nobel de física em 2014.

Figura 6. Estrutura do LED



Fonte: Fonte: NOVICKI e MARTINEZ, 2008 [28]

Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Iluminação (ABILUX), as lâmpadas de LED consomem 85% menos energia do que as incandescentes; 65% menos se comparadas às fluorescentes compactas; 40% menos do que as fluorescentes tubulares comuns e 50% menos do que as de vapor de sódio. Um dos motivos para este baixo consumo da LED se dá pelo fato de ela conseguir converter grande parte da energia elétrica em luz.

As lâmpadas incandescentes, por exemplo, convertem apenas de 5% a 10% da energia em luz. O restante é dispersado em forma de calor. Já as LEDs conseguem converter 60%. Outro fator importante, diz respeito à durabilidade, a lâmpada LED podem durar 50 mil horas, bem superior as incandescentes que só funcionam por três a cinco mil horas e a fluorescente, por 10 mil horas.

Com a constante necessidade de melhorar o sistema de IP, considerando-se

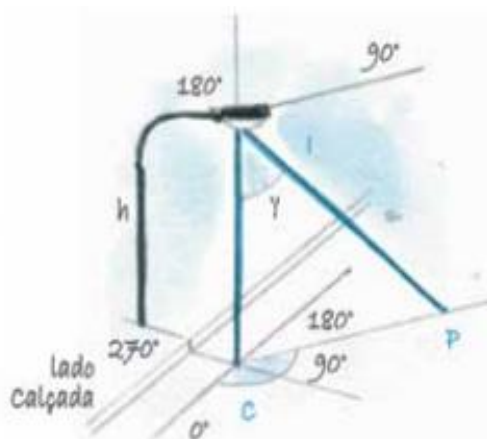
custos e desempenho, avaliar-se-á a utilização das luminárias LED, torna-se regra, segundo [29], estas mesmas, além de possuírem um consumo de na ordem de 40 a 60% inferior as tradicionais luminárias, pode ter uma duração bem superior. Esses valores de consumo e de durabilidade representam para órgãos responsáveis pela IP uma economia de energia elétrica e redução de custos na troca e manutenção de luminárias, tornando-se assim atrativo o uso de luminárias LED na iluminação.

Mas como mencionado anteriormente, a modernização do setor deste porte não apresenta retorno financeiro compensável se realizado abruptamente, é preciso adotar medidas gerencias para não dispensar os ativos de valor já empregados ao longo dos anos.

A seguir serão conceituados os principais parâmetros utilizados na IP:

**Iluminância:** indica a quantidade de luz que chega a uma superfície e se define como o fluxo luminoso recebido por unidade de superfície.

Figura 7. Ilustração do livro “Iluminação Pública”



Fonte: por PCandura e PGodoy

$$E = \frac{D\phi}{ds} \quad (2)$$

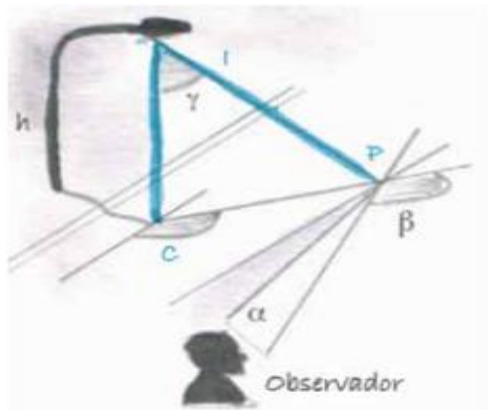
Em que “I” é a intensidade recebida pelo ponto P na direção definida pelo par de ângulos (c,  $\gamma$ ) e h a altura da luminária. Se o ponto P está iluminado por mais de uma fonte de luz, a iluminância total recebida é:

$$E_h = \sum_{i=1}^n \frac{(C_i \gamma_i)}{h_i^2} \cos^3 h_i$$

**Luminância:** é uma medida da luz que chega aos olhos, procedente dos objetos, sendo responsável por excitar a retina do olho e que provoca a visão.

Esta luz provém do reflexo sofrido pela iluminância quando incide sobre os corpos. Pode-se definir como a porção da intensidade luminosa por unidade de superfície refletida, em direção ao olho do observador. É expressa pela equação:

Figura 8. Ilustração do livro "Iluminação Pública"



Fonte: por PCandura e PGodoy

$$L=q(\beta,\gamma)*E \quad (3)$$

Em que "q" é o coeficiente de luminância no ponto P, que depende do ângulo de incidência  $\gamma$  e do ângulo entre o plano de incidência e o de observação  $\beta$ . O efeito do ângulo de observação  $\alpha$  é definido para a maioria dos condutores (motoristas com campo visual entre 60 e 160 metros adiante e a uma altura de 1,5 metros sobre o solo).

Assim, a equação fica:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{I(c_i, \gamma_{i*}) r^*(c_i, \gamma_{i*})}{h_i^2} \quad (4)$$

O quesito de iluminância é medido por um equipamento chamado "luxímetro", cuja unidade no sistema métrico é o Lux e o de luminância, com um equipamento chamado "luminancímetro", a candela por metro quadrado ( $Cd/m^2$ ).

**Fator de uniformidade da iluminância (R):** razão entre a iluminância mínima e a iluminância média em um plano especificado.

Importante destacar que a partir do mês de setembro do ano 2017 após cinco anos da publicação da última revisão da ABNT NBR 5101, reuniu-se pela primeira vez a comissão de estudos CE 03:034:04 – aplicações luminotécnicas e medições fotométricas para dar início a mais uma revisão, há um consenso da importância da revisão das normas mediante a inserção no setor das lâmpadas LEDs, a expectativa é que em breve saia uma nova versão da NBR 5101, com as revisões<sup>23</sup>.

A fim de avaliar os impactos financeiros da utilização das lâmpadas LEDs, será destacado aqui as principais classificações das vias urbanas, e a correspondente necessidade de iluminação. O ponto de partida do projeto de um sistema de iluminação pública é a classificação da via que se pretende iluminar. Conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), publicado em 1997, as vias podem ser classificadas das formas a seguir, a correspondente classe de iluminação determinada pela NBR:

<sup>23</sup> Em outubro de 2018 ficou pronta a terceira edição, porém ainda não livre para acesso, e como muito do trabalho já estava baseando na versão anterior, não foi possível verificar as atualizações.

Tabela 7. Descrição da via e classe de iluminação correspondente

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamento em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Autoestradas	
Volume de trânsito intenso	V <sub>1</sub>
Volume de trânsito médio	V <sub>2</sub>
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, vias de mão dupla, com cruzamento e travessias eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiros ou obstáculos	
Volume de trânsito intenso	V <sub>1</sub>
Volume de trânsito médio	V <sub>2</sub>
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	
Volume de trânsito intenso	V <sub>2</sub>
Volume de trânsito médio	V <sub>3</sub>
Volume de trânsito leve	V <sub>4</sub>
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial	
Volume de trânsito médio	V <sub>4</sub>
Volume de trânsito leve	V <sub>5</sub>

Fonte: Adaptado da CTB: 1997 e NBR 5101:2012.

A seguir são apresentados os dados técnicos mais importantes com relação à exigência da iluminação pública, de acordo com a classe de da via.

Tabela 8. Requisitos de luminância e uniformidade para cada tipo de via

Classe de Iluminação	de Iluminância média mínima $E_{med\_min}$ lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{med}/E_{min}$	$L_{med}$	$U_g$ $\geq$	$U_l$ $\leq$	TI %	SR
V <sub>1</sub>	30	0,4	2,00	0,40	0,70	10	0,5
V <sub>2</sub>	20	0,3	1,50	0,40	0,70	10	0,5
V <sub>3</sub>	15	0,2	1,00	0,40	0,70	10	0,5
V <sub>4</sub>	10	0,2	0,75	0,40	0,60	15	-
V <sub>5</sub>	5	0,2	0,50	0,40	0,60	15	-

$L_{med}$ : Luminância média;  $U_g$ : Uniformidade Global;  $U_l$ : Uniformidade longitudinal; TI: incremento linear  
 NOTA 1: Os critérios de TI e SR são orientativos, assim como as classes  
 NOTA 2: As classes V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> e V<sub>3</sub> são obrigatórias

Fonte: Adaptado da NBR 5101:2012.

A próxima tabela mostra a classificação das vias com relação aos pedestres e os dados técnicos de iluminação exigidos:

Tabela 9 Classificação de vias (passeios)

Descrição da via	Classe de Iluminação	Iluminância média $E_{hor\_med}$ lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{med}/E_{min}$
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo: calçadas e passeios de zonas comerciais)	$P_1$	20	0,3
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo: calçadas e passeios de avenidas, praças e áreas de lazer)	$P_2$	10	0,25
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo: passeios e acostamentos)	$P_3$	5	0,2
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo: passeios de bairros residenciais)	$P_4$	3	0,2

Fonte: Adaptado da CTB:1997 e NBR 5101:2012

Pela dificuldade de obtenção de dados com relação a pontos de IP e suas classificações correspondentes, será utilizado como base, os dados da cidade de Belo Horizonte, servindo de molde para que seja discutido o processo de modernização de uma cidade de menor porte. Importante destacar que se trata de uma aproximação, uma vez que as cidades apresentam muitas peculiaridades, muito mais aqui na região, com grande vocação turística, que conseqüentemente deve exigir do poder público, atenção especial, voltada especialmente para a segurança e valorização de aspectos históricos das cidades.

Tomando com referencia a cidade de Belo Horizonte - MG, por estar em pleno processo de substituição das lâmpadas convencionais, pela tecnologia LED, apresentamos apenas para simples demonstração o impacto financeiro sobre esta troca para cidades de menor porte.

Como dito, a cidade de Belo Horizonte está passando por um processo de modernização da IP, a BHIP é a concessionária que está a frente deste trabalho e garantirá a manutenção e a modernização de todo o parque de iluminação, que hoje é representado por de aproximadamente 182 mil pontos de luz.

Esta concessão, estabelecida por meio de PPP<sup>24</sup> (Parceria Público-Privada)

<sup>24</sup> **Parceria Público-Privada** é o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa.

se apresenta como referência, considerando o segmento de IP de magnitude mundial (em quantidade de pontos sob gestão da concessionária) em parâmetros técnicos e melhoria da iluminação.

A empresa se comprometeu a iniciar o processo de modernização em outubro de 2018, finalizando-o em 2020, o contrato de concessão irá até 2037.

Os mais de 182 mil pontos de iluminação de Belo Horizonte, estão distribuídos dentro das seguintes classificações de vias e passeios, considerando dados aproximados.

Tabela 10. Classificação das vias da Cidade de Belo Horizonte

Classificação das vias			Classificação dos passeios		
V1	652	4 %	P1	78	0,5 %
V2	420	3 %	P2	2595	12,5 %
V3	2348	14 %	P3	1294	6 %
V4	13010	79 %	P4	17063	81 %
Total	16430		Total	21030	

Fonte: Dados extraídos da Empresa BHIP

Nota-se que aproximadamente 80% das vias e passeios da cidade de Belo Horizonte, estão classificados como V4 e P4 respectivamente. Vias de trânsito leve e pouco uso de pedestre, que segundo a NBR 5101 exigem 10 lux de iluminância média mínima, 0,75 de luminância média, 0,40 de uniformidade global, 0,60 de uniformidade longitudinal, 15 % de incremento linear, luminância horizontal média 3, fator de e 0,2 U de fator de uniformidade mínimo.

Baseadas nestas exigências mínimas é que se deveria ser definido o modelo da lâmpada LEDs adequada para substituir a lâmpada VPS, porém, como não há previsão de testes de laboratório, e assumindo mais uma vez o caráter teórico das discussões aqui colocadas, será o utilizado o critério de equivalência entre lâmpadas, para propor as substituições.

A CEMIG, que até a pouco tempo atrás era responsável por mais de 1.987.499 pontos de IP, conforme informa [30]<sup>25</sup>, destes mais de milhão de pontos, cerca de 1.280.814 eram lâmpadas de vapor de sódio, com potência de 70 e 100 W.

Várias referências indicam a equivalência entre modelos de lâmpadas convencionais, com os modelos LED, a Figura abaixo indica a equivalência no nível

<sup>25</sup>[http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/pdf/Iluminacao\\_e\\_Tecnologias/normatizacao\\_de\\_materiais\\_e\\_projetos\\_de\\_IP.pdf](http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/pdf/Iluminacao_e_Tecnologias/normatizacao_de_materiais_e_projetos_de_IP.pdf)



de iluminação e economia de energia elétrica.

Figura 9. Equivalência de Lâmpadas convencionais com os modelos LED

Lâmpadas LED		Lâmpada Convencional	Economia Energia
Refletor LED 10W	III	Refletor Halógeno 75W	87%
Refletor LED 50W	III	Refletor Halógeno 200W	75%
Refletor LED 100W	III	Refletor Halógeno 400W	75%
Refletor LED 30W	III	Vapor Metálico/Sódio 70W + 21W (reator)	67%
Refletor LED 50W	III	Vapor Metálico/Sódio 100W + 30W (reator)	61%
Refletor LED 120W	III	Vapor Metálico/Sódio 250W + 75W (reator)	63%
Refletor LED 200W	III	Vapor Metálico/Sódio 400W + 120W (reator)	63%

Fonte: LEDPLANET [31]

Logicamente, para que fosse possível confirmar as equivalências, seria necessário, no aprofundamento de projeto, realizar testes de laboratório com o modelo LED escolhido, verificando se atende minimamente os requisitos técnicos desejáveis, porém, como o sentido aqui apresenta o invés hipotético, mais no sentido de estímulo a adequação da nova tecnologia, simplificou a substituição entre a lâmpada de vapor de sódio de 100 W, a mais utilizada atualmente, pela a LED de 50 W, que por definição promete substituir a citada anteriormente, mantendo no mínimo a mais os requisitos de qualidade de iluminação requeríveis.

A tabela a seguir sugere o modelo de LED e os preços aplicados:

Tabela 11. Equivalência das lâmpadas de vapor de sódio e LED

Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão		LED		
70 W	28,50 R\$	50 W	190,00 R\$	Preço promoção
100 W	31,00 R\$	50 W	690,00 R\$	Preço normal

LUMINÁRIA LED PÚBLICA 50 W BRANCO FRIO PARA POSTE	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>Potência</b>	50w
<b>Cor</b>	Branco Frio
<b>Modelo</b>	Luminária Pública para Poste
<b>Temperatura da cor</b>	6000k-65000k
<b>Vida útil</b>	50.000 horas
<b>Voltagem</b>	Bivolt Automático (110v-220v)
<b>Ângulo de abertura</b>	125°
<b>Resistência a água</b>	Sim
<b>Dimensão Luminária</b>	 45 x 21 cm
<b>Dimensão Furo</b>	 4,4 cm

Fonte: Dados da ILUMIM LED e Philips

Os dados do modelo LED foram obtidos da empresa ILUMINIM LED, já a referência do modelo de vapor de sódio da marca Philips foram obtidos no mercado livre, ambos de 26 de outubro de 2018.

Apenas para projetar um cenário, destacando que será desconsiderado neste trabalho o aprofundamento dos dados técnicos, como classificação detalhada das vias e dos passeios, de praças, túneis. O foco será apenas a projeção de trocas de 2000 pontos de iluminação que utilizam lâmpadas VPS, por luminárias LEDs.

Também não coube aqui checar se a lâmpada LED em questão atende aos requisitos técnicos mínimos exigidos, porém vários fabricantes estipulam a correspondência entre as potências relacionadas acima, no pior caso, talvez fosse necessário utilizar uma lâmpada LED de 70 W, mas para o intervalo de preço estipulado, certamente não afetaria os cálculos realizados.

Conforme tabela a seguir o investimento inicial será de 1.318.000 R\$, dado pela quantidade de lâmpadas que deverão ser adquiridas (2000), pelo valor de cada unidade, considerando o preço normal de 690,00 R\$.

Tabela 12. Custo do Investimento Inicial

<b>Custo do investimento inicial</b>	<b>Luminária tradicional e LED</b>
Lâmpada de vapor de sódio (100W)	62.000 R\$
Lâmpada LED (50W)	1.380.000,00
Acréscimo de custo	1.318.000,00

Fonte: Próprio autor

Importante salientar que o preço estipulado de 690 reais para a unidade da lâmpada LED de 50 W, que pode ser reduzido consideravelmente, uma vez que, o aumento da utilização desta tecnologia deve provocar a instalação de fábricas no Brasil e conseqüente redução de preços, estas são notícias comuns no setor [32].

A tabela a seguir mostra a diferença de consumo para os dois modelos de lâmpadas comparados, avaliando o período de 12 anos, que é o tempo de vida útil na lâmpada LED.

Tabela 13. Comparativo do consumo e custo entre os modelos de lâmpadas VPS e LED

<b>Consumo e custo da energia elétrica</b>				
<b>Lâmpada</b>	<b>Consumo de Energia Elétrica (KWh) / ANO</b>	<b>Consumo de Energia Elétrica (KWh) / 12 anos</b>	<b>Custo do consumo / ano: taxa (0,37277) R\$</b>	<b>Custo do consumo / 12 anos taxa (0,37277) R\$</b>
VPS + reator (108 W)	946.080	11.352.960	352.670,24	4.232.042,90
LED (50 W)	438.000	5.256.000	163.273,26	1.959.279,12
Economia em 12 anos	508.080	6.096.960	189.396,98	2.272.763,78

Fonte: Próprio autor

O custo com o consumo de energia elétrica, utilizando a iluminação LED, fica aproximadamente 54% menor se comparado ao que se gastaria utilizando lâmpadas de vapor de sódio.

Tabela 14. Comparativo do custo total entre os modelos de lâmpadas VPS e LED

<b>Custo total de investimentos e com consumo de energia elétrica</b>			
<b>Luminária</b>	<b>Investimento total (R\$)</b>	<b>Custo com consumo em 12 anos</b>	<b>Custo total</b>
VPS	62.000	4.232.042,90	4.294.042,90
LED	1.380.000	1.959.279,12	3.339.279,12
Redução percentual para o período de 12 anos		22 %	

Fonte: Próprio autor

Verificando os números, 54% de redução no valor pago pelo consumo de energia elétrica, chegando a 22% de redução no custo total, para o período de 12 anos, considerando também o valor de investimento inicial, a decisão de investir capital em um projeto é parte de um processo que envolve a geração e a avaliação de diversas alternativas que atendam às especificações técnicas e econômicas dos investimentos. Para um projeto ser viável deve retornar o investimento financeiro utilizado na sua implantação. O retorno pode ser em dinheiro ou em benefícios para uma população ou empreendedor.

Para tratar exclusivamente da avaliação financeira, será utilizada a técnica de Valor Presente Líquido (VPL)<sup>26</sup>, um método simples, mas que é bastante utilizado e que cabe para a análise simplória realizada aqui. Para as aplicações concretas e

<sup>26</sup> **Valor presente líquido (VPL)**, é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial.

aprofundadas, outras formulações devem ser consideradas.

O VPL será utilizado em função de quatro variáveis primordiais: o valor de investimento ( $I$ ), o fluxo de caixa gerado a partir do valor investido ( $F_{C_t}$ ), o tempo de retorno de capital ( $t$ ) e a taxa de juros ( $r$ ), calculado pela equação a seguir:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_{C_t}}{(1+r)^t} \quad (4)$$

Estudos apontam que, para as luminárias convencionais, o custo de manutenção varia em torno R\$ 8,52 por ponto no mês. Para luminárias a LED o custo de manutenção é de aproximadamente R\$ 3,00.

Tabela 15. Custo de manutenção dos modelos de lâmpadas VPS e LED

Tipos de lâmpada	Gasto com manutenção / mês	Gasto com manutenção / ano
VPS	8,52 por unidade	204.480,00
LED	3,00 por unidade	72.000,00
Economia com manutenção	5,52 por unidade	132.480,00

Fonte: Próprio autor

As luminárias LED possuem grande vantagem no requisito de manutenção em relação aos modelos convencionais, a economia com manutenção pelos dados apresentados chega a 5,52 R\$ por unidade / mês, alcançando 132.480,00 R\$ anuais. Ressaltando que os valores relacionados aqui são estimativos, este tipo de dado será mais bem verificado quando houver um aumento significativo no uso dessa nova tecnologia pelas cidades brasileiras.

A Tabela 16 mostra os valores do fluxo anual de benefícios. Com redução de consumo de energia, são R\$ 189.396,98 economizados, enquanto que a economia com mão de obra de manutenção pode alcançar valor máximo de R\$ 132.480,00 R\$ anuais.

Tabela 16. Fluxo de caixa: redução de consumo de energia elétrica e de manutenção

<b>Valores máximos e mínimos do fluxo de benefícios anual</b>	
<b>Fluxo de benefício anual</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Economia anual com manutenção Led (R\$)</b>
	<b>Cenário (1 manutenção / 12 anos)</b>
Economia com energia (R\$)	189.396,98
Economia com manutenção (R\$)	132.480,00
<b>Economia anual total (R\$)</b>	<b>321.876,98</b>

Fonte: próprio autor

Tabela 17. Cálculo do VPL

<b>VPL para projeto de utilização de lâmpadas LEDs</b>		
<b>Método do Valor Presente Líquido</b>		
Investimento inicial (R\$)		-1.318.000,00
Tempo (Ano)	$Fc_t$ (R\$)	VPL (R\$)
1	321.876,98	-1.030.609,84
2	321.876,98	-774.011,48
3	321.876,98	-544.905,80
4	321.876,98	-340.347,17
5	321.876,98	-157.705,52
6	321.876,98	5.367,37
7	321.876,98	150.968,17
8	321.876,98	280.968,89
9	321.876,98	397.040,95
10	321.876,98	500.676,72
11	321.876,98	593.208,66
12	321.876,98	675.826,47

Fonte: Próprio autor

O VPL anual é mostrado na Tabela 16. Como se pode ver, o retorno do investimento acontece no 6º ano, quando o VPL fica positivo. Nestas condições, com juro de 12% a.a., conforme orienta o manual para elaboração do programa de eficiência energética da ANEEL de 2008, as luminárias a Led tornam-se viáveis sob o aspecto econômico, pois o retorno financeiro ocorre antes do término de sua vida útil, que é de aproximadamente 50.000 mil horas, considerando 12 horas de funcionamento diário, 11,4 anos.

É importante destacar que foi utilizado o valor da luminária LED com valor superestimado, pode ser que para contratos para compra em grande quantidade, o valor do investimento inicial caia significativamente.

Por exemplo, considerando o preço unitário de R\$ 190,00, o menor valor encontrando no mercado, o investimento inicial cairia para 380.000,00 R\$, assim o VPL ficaria positivo no segundo ano, tornando o projeto ainda mais economicamente viável.

Por fim, considerando a média entre o valor superior e o inferior, o valor da luminária LED ficaria em R\$ 440,00, o investimento inicial seria de R\$ 880.000, 00, o VPL ficaria positivo no quarto ano, portanto o projeto continuaria viável financeiramente.

Agora, considerando que o projeto permaneceria viável até o limite do VPL no décimo ano, já que a vida útil do LED é em média 11,4 anos, a diferença de investimento inicial do LED com o modelo tradicional, não poderia ultrapassar R\$ 1.895.000,00, o que equivale dizer que o investimento inicial por ponto de iluminação LED não poderia ultrapassar R\$ 950,00.

Portanto, percebe-se que a análise financeira da viabilidade de projetos de iluminação pública por LEDs está fortemente atrelada ao preço da luminária, porém, como a tecnologia é recente, fazem-se necessárias pesquisas e ensaios de laboratórios para confirmar o desempenho e a durabilidade dos itens colocados no mercado, pois qualquer desvio a quem do prometido, impactará na análise financeira.

### **5.1. Melhoria do sistema de iluminação pública por gestão e controle**

Anteriormente, destacou-se apenas a substituição dos modelos lâmpadas, considerando simplesmente o rendimento do novo modelo, comprovadamente mais eficiente, todavia, o projeto completo pode contemplar outras possibilidades bastante relevantes, como por exemplo, a possibilidade de gestão e controle de potência.

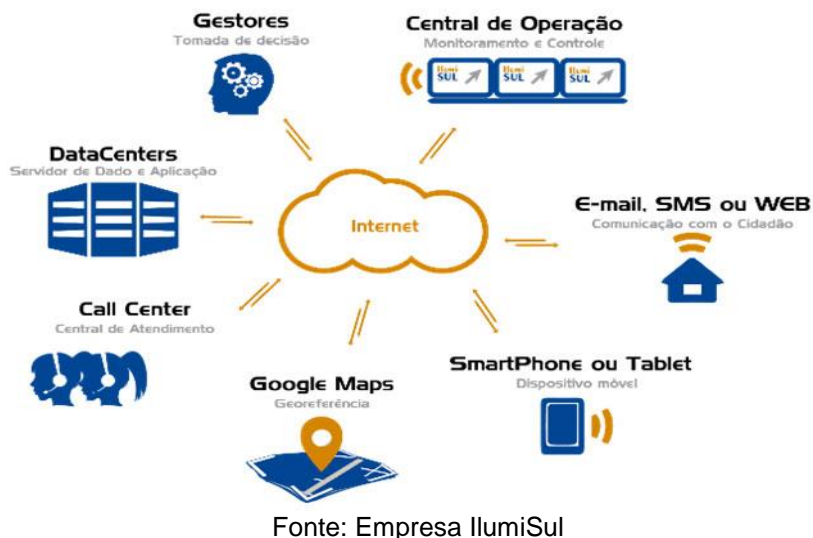
Esta nova ideia está incluída na mentalidade de cidades inteligentes, onde todos os equipamentos de conectam e trocam informações, diminuindo ao mínimo a necessidade de intervenção humana, algumas empresas já oferecem esses serviços destinados á IP.

Algumas empresas já apresentam software para gerenciamento da IP para cidades, uma das mais conhecidas é a IluminSUL, fundada no ano de 2010, atua na área de consultoria e na elaboração de projetos no segmento de IP, realiza trabalhos

e estudos dentro do segmento de serviços públicos desenvolvidos junto as Prefeituras Municipais e Construtoras. Sobretudo, aquelas que atuam no âmbito de Parcerias Público Privada.

A Figura 10 mostra o esquema de telegestão proposto pela IlumiSUL:

Figura 10. Esquema de Telegestão de Iluminação Pública



Neste tipo de serviço, todos os pontos de IP são catalogados, as rotas de manutenção podem ser definidas por três meios: os munícipes, por canais de comunicação (*e-mail*, *call center* ou *apps*) podem solicitar os serviços relacionados à deficiência de iluminação, a própria prefeitura pode requerer algum tipo de serviço, atentando os termos previstos em contrato, por fim, a própria empresa identifica falhas por suas equipes de ronda.

A gestão é um serviço básico, não se encaixa dentro dos conceitos modernos de cidades inteligentes, mas que pode contribuir enormemente neste estágio atual da economia brasileira, principalmente considerando a realidade dos municípios.

O que se tem de mais moderno hoje em IP, pode-se dizer é a soma de três níveis, cada qual com sua parcela de contribuição, porém a utilização de cada nível, considerando a ordem, traz benefícios importantes às cidades. Destes níveis dois já foram citados, e podem ser correlacionados e a sua aplicabilidade é plausível, principalmente avaliando aspectos técnicos e financeiros.

O primeiro nível é a simples substituição das lâmpadas, mesmo que financeiramente discutível, a instalação de lâmpadas LEDs devem ser priorizadas, mesmo para municípios de pequeno porte. Aconselha-se a troca dos modelos

convencionais, pelas luminárias LEDs priorizando as regiões das cidades.

No segundo nível, soma-se a troca de lâmpadas a implantação de um sistema de gestão, facilitando a comunicação com cliente, o seu nível de satisfação, e pode gerar ainda outros benefícios relacionados a segurança dos equipamentos.

No terceiro nível, o termo gestão é substituído por telegestão unindo ao conceito de dimerização, abrangendo também as fontes de energia renovável. Nesta fase, cada ponto de luz pode ser controlado remotamente, aperfeiçoando a detecção de falhas e principalmente, aumentando a eficiência do serviço, pois em período de menor movimento, ou em noites mais claras a potência da iluminação pode ser reduzida, economizando energia elétrica.

As cidades brasileiras que estão instalando a IP LED estão optando por substituir gradativamente todas as luminárias, georreferenciando todos os pontos, porém a dimetriação das lâmpadas (variação da potência) tem sido aplicada em determinadas regiões a priori, porém, é importante que mesmo no primeiro instante para a região não a previsão de controle, aconselha-se a instalação de luminárias LEDs, contendo esta possibilidade, pois facilitará num passo seguinte, o avanço da telegestão por outros pontos da cidade.

## **5.2. Fontes renováveis de energia aplicadas à IP**

Energia fotovoltaica é a energia elétrica gerada a partir de luz solar, e pode ser produzida mesmo em dias nublados ou chuvosos. Quanto maior for a radiação solar maior será a quantidade de eletricidade gerada.

Segundo [33] em um ano, a Terra recebe pelos raios solares o equivalente a 10 mil vezes o consumo mundial de energia no mesmo período, mas a participação dessa fonte ainda é pequena, estima-se que até 2030 o mundo precisará de 37 milhões de profissionais para atuar no setor de energia renovável.

O Brasil é o país que mais recebe irradiação solar em todo o mundo. Por estar localizado próximo à linha do Equador, o país recebe alta incidência de sol durante todo o dia, com pouca variação ao longo das estações do ano, em função das características de translação do planeta. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar [34], o país recebe, durante todo o ano, mais de 3 mil horas de brilho do sol. A



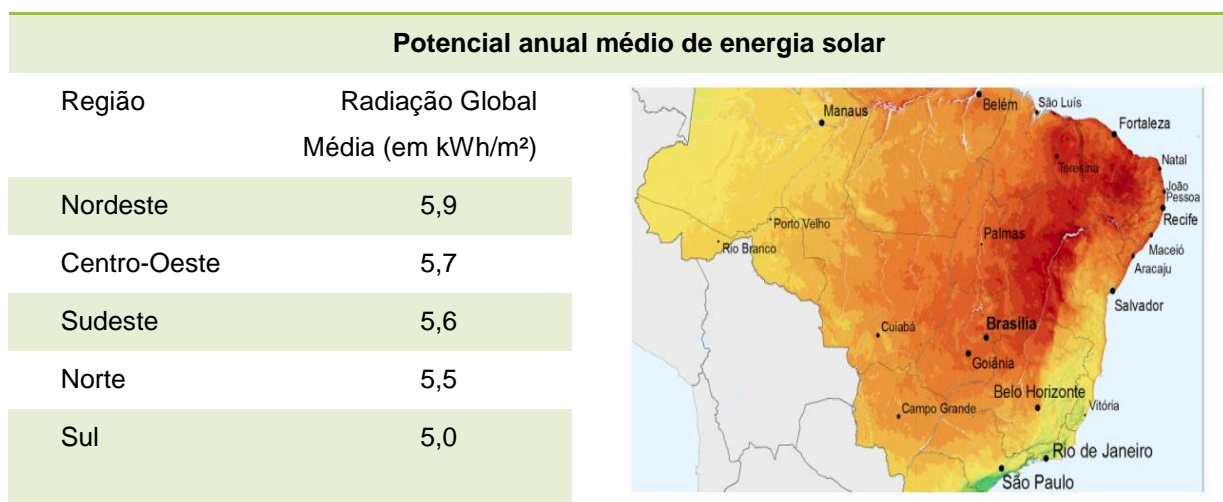
Empresa de Pesquisa Energética (EPE) destaca que no ano de 2016, o Brasil consumiu cerca de 460,8 TWh por meio da rede de distribuição de energia elétrica, que corresponde a um consumo per capita de 2.228 kWh/hab, ou seja menos da metade da incidência de raios solares por m<sup>2</sup> em média no Brasil.

Comparativamente, a Alemanha, que é o país que mais explora a energia fotovoltaica em todo o mundo, recebe aproximadamente 40% menos luz solar em sua região de maior potencial, em comparação com a incidência brasileira. Mesmo assim, a energia solar ainda é pouco aproveitada no Brasil, correspondendo a pouco mais de 0,02% da nossa matriz energética [36].

O potencial brasileiro tem destaque no cenário de energia solar mundial e aumenta ainda mais quando consideramos sua reserva de silício<sup>27</sup>, que também é uma das maiores do planeta. A partir de iniciativas governamentais, o Brasil vem aumentando a participação da energia solar em seu espectro energético, dominado pelos métodos hidrelétrico e termelétrico. Com mais incentivo e a participação da população, temos todas as condições necessárias para fazer do país um grande produtor de energia solar, agente ativo e referência na transformação energética e sustentável do planeta [36].

A seguir são apresentadas as regiões brasileiras favorecidas à produção de energia solar:

Figura 11. Incidência solar no Brasil



Fonte: Adaptado de BOREAL SOLAR [36]

Originada de fatores naturais inesgotáveis, assim como a energia solar,

<sup>27</sup> O **Silício** é um elemento químico muito utilizado nos painéis fotovoltaicos por as suas propriedades semicondutoras.

a energia eólica pode ser considerada outra alternativa inteligente de geração de eletricidade. Ambas são derivadas de elementos naturais que não sofrem impacto com a exploração energética: a luz do sol e o vento. Além disso, seus benefícios ao meio ambiente também envolvem o fato de que sua utilização reduz a necessidade de combustíveis fósseis, recursos limitados e causadores de poluição.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)<sup>28</sup>, o Brasil tem hoje mais de 13,4 GW de capacidade instalada, em mais de 535 parques e mais de 6.600 aerogeradores em operações. Nos primeiros sete meses do ano de 2018, esta estrutura gerou uma quantidade de energia 17,8% que o gerado no mesmo período do ano passado, de acordo com dados consolidados do boletim InfoMercado mensal da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Uma crítica muito comum à energia eólica é referente à sua intermitência, pois depende da ocorrência de vento em densidade e velocidade ideais, e esses parâmetros sofrem variações anuais e sazonais. Porém, conforme explica Elbia Gannoum, Presidente Executiva da ABEEólica, o Nordeste brasileiro tem um dos melhores ventos do mundo para a produção de energia eólica, com uma produtividade que é cerca do dobro da média mundial, que aumenta ainda mais durante no período de junho a novembro. Na média, o fator de capacidade mundial está em torno de 25% e, enquanto na época da “safra dos ventos”, o fator de capacidade médio mensal pode ultrapassar os 60% no Nordeste ou até mais de 70%.

Aproveitando o cenário positivo do nordeste brasileiro, de ventos e de radiação solar, o professor Fernandes Ximenes - engenheiro mecânico e proprietário da Gram-Eollic, empresa fundada em 1989, engajada em projetos industriais inovadores, para atendimento industrial entre outros, desenvolveu o primeiro poste de iluminação pública 100% alimentado por energias eólica e solar no Ceará, denominado de Produtor Independente de Energia (PIE), ilustrado na figura abaixo:

---

<sup>28</sup> A **ABEEólica** congrega mais de 100 empresas de toda a cadeia produtiva do setor eólico e tem como principal objetivo trabalhar pelo crescimento, consolidação e sustentabilidade dessa indústria no Brasil

Figura 12. Produtor Independente de Energia (PIE)



Fonte: Gevan Oliveira: BLOG contexto livre [37]

Produzido em fibra de carbono e alumínio especial, mesmo material usado em aeronaves comerciais, o sistema PIE é constituído basicamente por células solares, hélices, bateria e pela lâmpada LED.

Um grande desafio deste tipo de tecnologia é a limitação no que se refere ao armazenamento de energia, porém segundo o professor Fernandes Ximenes “as baterias do poste híbrido têm autonomia para 70 horas, ou seja, se faltarem vento e sol 70 horas, ou sete noite seguidas, as lâmpadas continuaram ligadas”.

## 6. Considerações finais e conclusão

De sol a sol, no início do trabalho citamos a importância dos recursos naturais como fontes renováveis de obtenção de energia, de forma rudimentar nos primeiros registros históricos, nos tempos atuais com auxílio moderno da ciência e da tecnologia. Necessária para ações individuais, para o convívio em sociedade, ligada diretamente a segurança pública, a iluminação se mantém imprescindível para a vida humana e em sociedade, que exige nos tempos atuais, a cidade acessa 24 horas por dia. Com o desenvolvimento desse estudo foi possível perceber as necessidades reais de adaptação e mudanças nos projetos de IP diante das recentes alterações nas normas que regem o setor.

Neste contexto, o LED, ainda em fase de consolidação, representa um dos mais importantes avanços tecnológico em termos de eficiência energética dos últimos anos, sinônimo de eficiência, qualidade e durabilidade. Contudo, como ainda está em fase de consolidação, exige um grau de investimento financeiro importante, principalmente aqui no Brasil, exigindo dos municípios o mínimo de planejamento, embora já haja um entendimento de suas vantagens, a sua utilização, deve estar atrelada há avaliação cuidadosa, sob pena de neutralizar os seus benefícios prometidos, uma vez que não se pode desconsiderar o valor de todos os ativos já existentes no sistema, ainda mais, como mencionado, o LED ainda está se desenvolvendo, existe perspectivas quanto à melhoria de seu rendimento e durabilidade.

Portanto, talvez a trilha brasileira seja a consolidação a utilização das luminárias LEDs, o que passa pelo domínio da tecnologia, com ampliação de fábricas, evoluindo para nos próximos anos a utilização dos LEDs aliados aos sistemas de gestão e telegestão com dimerização, que nesse primeiro momento, deve alcançar estrategicamente pontos específicos das grandes cidades.

Em paralelo, soma-se ao esforço de eficiência energética, a ampliação de fontes energéticas renováveis, que hoje ainda não são totalmente viáveis financeiramente, nas quais o Brasil tem ambiente natural totalmente favorável, destaca-se aqui a energia solar e a eólica.

Sobre os resultados financeiros desenvolvidos neste trabalho concluímos a viabilidade da substituição de 2000 mil pontos que atualmente utilizam lâmpadas convencionais, por lâmpadas LEDs, com as seguintes ressalvas: o custo estimado com relação ao valor unitário de cada luminária LED pode variar bastante; o valor

estimado com a economia de energia de energia é certo, porém os dados dos modelos LEDs precisariam passar pelos testes de laboratório, a fim de confirmar que as especificações técnicas atendem aos requisitos exigidos pela ABNT NBR, caso contrário, a necessidade de alteração de potência exigiria uma nova avaliação dos cálculos; o custo com economia de manutenção também é real, uma vez que estudos apontam a durabilidade média de pelos menos 10 anos, porém, estimar estes valores é tarefa difícil, e pior, não foi considerado o custo inicial para a substituição das lâmpadas, o que impactaria diretamente no valor do investimento inicial.

Todavia, com estas ressalvas, considerando que o LED é comprovadamente mais eficiente, e mais, como as substituições podem acontecer gradativamente, o impacto do investimento inicial pode ser reduzido significativamente.

Embora a matriz energética brasileira seja baseada em energia hidráulica, a redução da utilização da energia está diretamente relacionada à diminuição dos impactos dos impactos ambientais, além dos mais essas iniciativas, de gestão energia, corroboram a obrigatoriedade das cidades e cidadãos empreender iniciativas de planejamento e desenvolvimento sustentável.

## Bibliografia

- [1] J. MATIAS-PEREIRA, “A governança corporativa aplicada no setor público brasileiro,” *APGS*, vol. n.1, n. 2, pp. 109-134, 2010.
- [2] ILUNATO, “Iluminação Natural,” [Online]. Available: <http://www.ilunato.com.br/blog?single=iluminacao-natural>. [Acesso em 10 out 2018].
- [3] N. LIGHT, “NEW LIGHT,” 7 Nov 2012. [Online]. Available: <http://newlightdesign.blogspot.com/2012/11/historia-da-iluminacao.html>. [Acesso em 22 Nov 2018].
- [4] JMC, “JMC Elétrica,” 29 Jun 2012. [Online]. Available: <http://jmc.com.br/a-historia-da-iluminacao/>. [Acesso em 22 Nov 2018].
- [5] [Online]. Available: <https://slideplayer.com.br/slide/12567671/75/images/5/L%C3%A2mpada+do+per%C3%ADodo+Magdalenense+~+anos+a.C..jpg>. [Acesso em 22 Nov 2018].
- [6] L. FISCHER, “LIONEL FISCHER,” 6 Jun 2009. [Online]. Available: <http://lionel-fischer.blogspot.com/2009/06/historia-da-iluminacao.html>. [Acesso em 22 Nov 2018].
- [7] V. PEREZ, “Laboratório de Iluminação,” 4 Abr 2004. [Online]. Available: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/dica26.htm>. [Acesso em 22 Nov 2018].
- [8] ANSEAF, “Associação Nacional dos Servidores Públicos Engenheiros, Arquitetos Urbanistas e Engenheiros Agrônimos do Poder Executivo Federal,” 16 Jul 2016. [Online]. Available: [https://pt-br.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=1070265943029260&id=440831552639372&substory\\_index=0](https://pt-br.facebook.com/permalink.php?story_fbid=1070265943029260&id=440831552639372&substory_index=0). [Acesso em 23 Nov 2018].
- [9] D. e. A. CARVALHO, “Substituição de lâmpadas comuns de iluminação pública por um sistema de LEDs no campus UNICAMP,” *Revista Ciências do Ambiente*, Campinas, 2009.
- [10] T. A. F. GOMES, “Plano diretor da iluminação pública do Município de Matosinhos,” Faculdade de Engenharia da Porto, Porto, 2012.
- [11] R. M. B. SANTANA, “Iluminação Pública: Uma abordagem gerencial,” Universidade de Salvador, Salvador, 2010.
- [12] L. H. ROSITO, “REVISTA: PORTAL O SETOR ELÉTRICO,” Jan 2009. [Online]. Available: [http://cmq.esalq.usp.br/Philodendros/lib/exe/fetch.php?media=lcf0130:historico:2013:equipes:equipe07:arquivos:ed.36\\_fasciculo\\_capitulo\\_1\\_desenvolvimento\\_da\\_iluminacao\\_publica\\_no\\_brasil.pdf](http://cmq.esalq.usp.br/Philodendros/lib/exe/fetch.php?media=lcf0130:historico:2013:equipes:equipe07:arquivos:ed.36_fasciculo_capitulo_1_desenvolvimento_da_iluminacao_publica_no_brasil.pdf). [Acesso em 07 Out 2018].
- [13] M. M. FERREIRA, *A evolução da iluminação na cidade do Rio de Janeiro: contribuições tecnológicas*, São Paulo: Synergia, 2009.
- [14] J. M. BARROS, *A memória da Energia Elétrica no contexto da Globalização Política, Social, Econômica e Cultural* in: *Anais do II Seminário Internacional História e Energia.*, São Paulo, 1999.
- [15] C. S. M. SOUZA, “A Iluminação Pública como propósito contra a Violência Urbana, um estudo de caso na cidade de Aracaju –,” *Revista ESPECIALIZE on line IPOG*, vol. 01/2013, n. 3, 2013.
- [16] “Centro de Memória da Eletricidade no Brasil,” [Online]. Available:

- <https://portal.memoriadaeletricidade.com.br/historia-do-setor-eletrico/1898-1929-capital-estrangeiro-e-grupos-privados-nacionais/>.
- [17] S. S. P. e. a. MERCEDES, “Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro,” Revista da USP, São Paulo, 2015.
- [18] G. A., “Conjur,” 21 Mar 2013. [Online]. Available: <https://www.conjur.com.br/2013-mar-21/alfredo-gioielli-municipalizacao-iluminacao-publica-aneel-ilegal>. [Acesso em 26 Nov 2018].
- [19] D. RADULOVIC, S. SKOK e K. V., “Energy efficiency public lighting management in the cities,” *Energy*, 2011.
- [20] L. H. ROSITO, “PORTAL O SETOR ELÉTRICO,” Jun 2017. [Online]. Available: <https://www.osetoreletrico.com.br/norma-para-iluminacao-publica-abnt-nbr-5101-entra-em-revisao/>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [21] ANEEL, “Resolução Normativa Nº 414,” Brasília - DF, 2010.
- [22] “Confederação Nacional dos Municípios (CNM),” [Online]. Available: <https://www.cnm.org.br/>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [23] S. d. E. d. E. d. S. Paulo, “ILUMINAÇÃO PÚBLICA Guia do Gestor,” Fundação Prefeito Faria Lima - CEPAM, São Paulo - SP, 2013.
- [24] P. M. d. O. P. PMOP, “LEI 109,” 31 Dez 2002. [Online]. Available: [http://www.sistemasigla.org/arquivos/sisnorm/NJ\\_img\(347\).pdf](http://www.sistemasigla.org/arquivos/sisnorm/NJ_img(347).pdf). [Acesso em 24 Nov 2018].
- [25] P. M. d. B. H. -. PMBH, “LEI Nº 10.894,” 29 Dez 2015. [Online]. Available: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2015/1089/10894/lei-ordinaria-n-10894-2015-altera-a-lei-n-8468-02-que-altera-a-redacao-do-art-46-da-lei-n-5-641-89-e-institu-a-contribuicao-para-custeio-dos-servicos-de-iluminacao-publica>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [26] P. M. d. O. B. -. PMOB, “Contribuição para custeio da iluminação pública iniciará em 27 março,” 16 Mar 2017. [Online]. Available: <http://www.ourobranco.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/contribuicao-para-custeio-da-iluminacao-publica-iniciara-em-27-marco/59779>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [27] C. E. d. M. G. CEMIG, “Atendimento,” CEMIG, [Online]. Available: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Condicoes-Iluminacao-Publica-.aspx>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [28] J. M. NOVICKI e R. MARTINEZ, “LEDs para iluminação pública,” Monografia de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná), Curitiba, 2008.
- [29] L. MENDONÇA, “Desenvolvimento tecnológico em iluminação pública.,” *O Setor Elétrico*, vol. 7, n. 74, pp. 64-71, 2012.
- [30] C. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, “Tecnologia em normalização de materiais de IP: Histórico e tendências,” Rio de Janeiro, 2013.
- [31] L. P. importadora. [Online]. Available: <https://www.ledplanet.com.br/como-comprar-refletor-de-led-ideal/>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [32] DINO, “BLOG DINO,” 14 Jun 2016. [Online]. Available: <http://www.dino.com.br/releases/com queda-no-preco-lampadas-led-sao-cada-vez-mais-procuradas-por-consumidores-que-buscam-economizar-energia-dino89091080131>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [33] C. RANGEL, “Terra recebe do sol 10 mil vezes o consumo energia,” site TERRA, 26 Feb 2009. [Online]. Available: <https://www.terra.com.br/economia/terra-recebe-do-sol-10-mil-vezes-o-consumo-energia,23083e33118da310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. [Acesso em 27 Nov 2018].
- [34] E. PEREIRA e E. al., Atlas Brasileiro de Energia Solar, São José dos Campos-SP: INPE, 2006.
- [35] E. d. P. E. -. EPE, “Anuário Estatístico de Energia Elétrica ano base 2016,” Secretário de Planejamento, Brasília - DF, 2017.
- [36] B. S. E. renovável, “Boreal Solar,” [Online]. Available: <http://borealsolar.com.br/blog/>. [Acesso em 24 Nov 2018].
- [37] G. OLIVEIRA, “CONTEXTO LIVRE: Energia eólica e solar: o Brasil que o PiG ignora,” 25 Ab

r 2010. [Online]. Available: <http://www.contextolivres.com.br/2010/04/energia-eolica-e-solar-o-brasil-que-o.html>. [Acesso em 25 Nov 2018].

[39] “<http://newlightdesign.blogspot.com/2012/11/historia-da-iluminacao.html>,” [Online].

[40] [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/443019a>.



Certifico que o trabalho de conclusão de curso intitulado A EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: Gestão, eficiência e modernização de autoria do aluno Alair Corrêa Maia, foi aprovado sem recomendações de alteração pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



---

Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro  
Co-Orientador

Ouro Preto, 13 de dezembro de 2018