

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROJETO DE GRADUAÇÃO**



**WESLEY HOFFMANN**

**ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO  
PÚBLICA E PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO DO  
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO ANEL VIÁRIO DA UFES –  
CAMPUS GOIABEIRAS**

VITÓRIA – ES  
JULHO/2019

WESLEY HOFFMANN

**ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO  
PÚBLICA E PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO DO  
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO ANEL VIÁRIO DA UFES –  
CAMPUS GOIABEIRAS**

Parte manuscrita da Proposta de Projeto de Graduação do aluno **Wesley Hoffmann**, apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

---

Prof. Dr. Hélio Marcos André Antunes  
Orientador

---

Wesley Hoffmann  
Aluno

VITÓRIA – ES  
JULHO/2019

WESLEY HOFFMANN

**ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO  
PÚBLICA E PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA  
DE ILUMINAÇÃO DO ANEL VIÁRIO DA UFES – CAMPUS  
GOIABEIRAS**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Wesley Hoffmann**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovada em 05, de julho de 2019.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Hélio Marcos André Antunes**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Orientador**

---

**Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Examinador**

---

**Eng. Amanda Pereira**  
**Examinador**

## RESUMO

A iluminação pública tem grande importância na sociedade, proporcionando sensação de segurança e bem-estar aos cidadãos, além disso, representa uma fatia considerável dos investimentos públicos. Este trabalho tem como objetivo principal, elucidar conceitos relacionados a sistemas de Iluminação Pública com foco na análise econômica desses sistemas em relação a instalação, manutenção e operação dos mesmos. São apresentados os principais componentes e tecnologias utilizados nesses projetos, bem como os custos relacionados a eles, baseando-se em licitações públicas para a contratação desses serviços, como algumas Parcerias Público-Privadas, por exemplo. A partir da metodologia que é desenvolvida ao longo do trabalho, é apresentada uma proposta de modernização do sistema de iluminação do anel viário do campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo com a utilização de luminárias LED, buscando comprovar as principais vantagens do uso dessa tecnologia, estimar a redução no consumo de energia elétrica e avaliar sua viabilidade financeira. Adicionalmente, são introduzidas algumas novas e promissoras tecnologias nesse setor, como a Telegestão, responsáveis por tornar o sistema mais confiável e eficiente.

Palavras Chaves: Iluminação Pública, LED, Telegestão

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eficiência Luminosa de diferentes tipos de lâmpadas .....	18
Figura 2 – Comparativo entre duas fontes luminosas com diferentes IRC's .....	19
Figura 3 – Instalação de Luminária LED em Via Pública.....	23
Figura 4 – Luminária em más condições de conservação .....	24
Figura 5 – Relé fotocontrolador.....	26
Figura 6 – Tipo de lâmpada a vapor de mercúrio.....	29
Figura 7 – Modelos tubular e ovoide de lâmpadas a vapor de sódio.....	30
Figura 8 – Reator interno com ignitor e capacitor acoplados .....	31
Figura 9 – Tipos de relés .....	32
Figura 10 – Exemplo de luminária fechada sem equipamento.....	33
Figura 11 – Exemplo de Luminária integrada .....	34
Figura 12 – Poste e braço, utilizados em IP.....	35
Figura 13 – Estrutura simplificada de uma luminária LED de IP .....	36
Figura 14 – Exemplo de Luminária LED .....	36
Figura 15 – Esquema simplificado da comunicação em Sistema de Telegestão.....	39
Figura 16 - Tempo de retorno do investimento .....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de Relés que atendem ou não à norma ABNT NBR 5123:1998 ...	27
Gráfico 2 – Investimentos ao longo dos primeiros cinco anos de contrato .....	47
Gráfico 3 – Previsão de custo operacional anual do Sistema de IP de Vitória.....	48
Gráfico 4 – Divisão do Orçamento por tipo de item .....	51
Gráfico 5 – Investimentos em Teresina ao longo dos dois primeiros anos de contrato – em Milhões .....	57
Gráfico 6 – Comparativo da projeção de custos (R\$) com energia nos dois cenários .....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Temperatura de cor .....	20
Quadro 2 – Classes de iluminação para cada tipo de via.....	22
Quadro 3 – Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de Iluminação de vias.....	23
Quadro 4 – Característica do sistema de iluminação do anel viário da UFES .....	62
Quadro 5 – Especificações da luminária escolhida .....	63
Quadro 6 - Característica do sistema de iluminação proposto do anel viário da UFES .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de Energia Elétrica no Brasil por Classes de Consumo .....	13
Tabela 2 – Consumo de Energia Elétrica no Espírito Santo por Classes de Consumo .....	13
Tabela 3 – Consumo incremental mensal de energia considerando um acionamento excedente de 27 minutos por dia por ponto de iluminação .....	28
Tabela 4 – Comparação entre as diferentes fontes de luz utilizadas em IP .....	38
Tabela 5 – Proposta de Modernização do Parque de IP de Vitória .....	45
Tabela 6 - Comparativo entre o modelo antigo e o modelo proposto – Vitória .....	46
Tabela 7 – Investimento médio por ponto de iluminação na cidade de Vitória .....	47
Tabela 8 – Planilha Orçamentária Resumida - Petrópolis .....	50
Tabela 9 – Custo estimado de manutenção por ponto de iluminação na cidade de Petrópolis em 2018 .....	51
Tabela 10 – Luminárias LED a serem instaladas ao longo dos dois primeiros anos.....	52
Tabela 11 – Relação total das Luminárias .....	53
Tabela 12 – Consumo previsto dos pontos existentes após a substituição por LED.....	53
Tabela 13 – Consumo de energia do parque de Teresina em 2017 .....	54
Tabela 14 – Comparativo entre modelo antigo e modelo proposto - Teresina.....	55
Tabela 15 – Plano de investimentos ao longo do 1º Ciclo .....	56
Tabela 16 – Projeção de custos operacionais anuais do sistema proposto .....	58
Tabela 17 – Comparativo entre as licitações apresentadas.....	59
Tabela 18 – Resumo do sistema de Iluminação do anel viário e estacionamentos .....	61
Tabela 19 – Consumo anual de energia com iluminação do anel viário .....	62
Tabela 20 – Simulação da malha de pontos de um trecho realizada no <i>Dialux</i> .....	64
Tabela 21 – Estimativa de consumo anual de energia com iluminação do anel viário no modelo proposto .....	64
Tabela 22 – Comparação entre custos modelo atual x modelo proposto .....	65
Tabela 23 – Custo total da implantação do novo sistema.....	66
Tabela 24 - Consumo diário de energia no cenário avaliado.....	68
Tabela 25 – Comparação Estudo de Caso x Análise Econômica de licitações .....	70



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCO	Centro de Controle Operacional
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
COSIP	Contribuição para custeio do serviço de iluminação Pública
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
IP	Iluminação Pública
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MM	Milhões
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PPP	Parceria Público-Privada
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SI	Sistema Internacional de Unidades
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
VMT	Vapor Metálico
VS	Vapor de Sódio
VSAP	Vapor de Sódio de Alta Pressão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	Justificativa.....	12
1.2	Objetivo Geral .....	15
1.3	Objetivos Específicos .....	16
1.4	Organização do Trabalho .....	16
<b>2</b>	<b>SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....</b>	<b>17</b>
2.1	Conceitos Utilizados em Luminotécnica.....	17
2.1.1	Fluxo Luminoso .....	17
2.1.2	Iluminância.....	17
2.1.3	Eficiência Luminosa.....	17
2.1.4	Índice de Reprodução de Cor (IRC).....	18
2.1.5	Temperatura de cor.....	19
2.2	Implantação de Sistema de IP e a base normativa.....	20
2.2.1	A ABNT NBR 5101 e a Elaboração e Execução de Projeto de IP .....	20
2.2.2	Manutenção de Sistemas de IP .....	24
2.2.3	Operação de Sistemas de IP .....	26
2.3	Componentes do Sistema de IP .....	28
2.3.1	Lâmpadas.....	29
2.3.1.1	Lâmpada a Vapor de Mercúrio em alta pressão .....	29
2.3.1.2	Lâmpada a Vapor de Sódio em alta pressão.....	30
2.3.1.3	Lâmpada a vapor metálico.....	30
2.3.2	Reatores e Ignitores .....	31
2.3.3	Relé Fotoelétrico .....	32
2.3.4	Luminárias.....	33
2.3.5	Postes e Braços.....	34
2.3.6	Diodos Emissores de Luz (LEDs) .....	35
2.4	Novas Tecnologias .....	38
2.4.1	Telegestão.....	38
2.4.2	Tunable White .....	40
2.5	Considerações Gerais .....	41
<b>3</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>42</b>

3.1 Leis de Licitações e a COSIP .....	42
3.1.1 Lei nº 8.666/93 .....	42
3.1.2 Lei nº 11.079/04 .....	43
3.1.3 Contribuição para o custeio do serviço de IP - COSIP .....	44
3.2 Análise econômica de licitações em IP .....	44
3.2.1 Vitória – PPP .....	44
3.2.2 Petrópolis – Pregão Presencial .....	49
3.2.3 Teresina – PPP.....	51
3.3 Considerações Gerais .....	59
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>61</b>
4.1 Modelo Atual.....	61
4.2 Modelo Proposto .....	62
4.3 Viabilidade Econômica .....	65
4.4 Modelo Alternativo .....	68
4.5 Considerações Gerais .....	69
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Iluminação pública é primordial para qualidade de vida e bem-estar do cidadão, tem grande impacto nos fatores sociais e econômicos e é de extrema importância no que diz respeito à segurança da população. Do ponto de vista normativo, a Iluminação Pública (IP) é o serviço público que tem por objetivo exclusivo de prover de claridade aos logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual (ANEEL, 2010).

A definição acima, pode ser considerada muito simplista, já que, segundo Junior (2015, p.15) a sensação de qualidade de vida, tem uma relação direta com a possibilidade de se usufruir de espaços públicos em períodos noturnos, tornando assim o sistema de IP uma parte fundamental no cotidiano das cidades.

Historicamente, a utilização da iluminação natural e artificial está diretamente ligada a evolução da humanidade. A visão tem grande parcela de contribuição no desenvolvimento do cérebro, e dessa forma, a iluminação apresenta papel significativo no crescimento da habilidade de pensar, desde as formas mais primitivas de vida até a espécie humana (ROSITO, 2009).

No Brasil, a energia elétrica chegou na segunda metade dos anos 1850, após séculos de uso da lenha, das velas de cera, das lamparinas que queimavam a óleo de baleia e da iluminação a gás inaugurada pelo Barão de Mauá (ELETROBRÁS, 2002). Em 1876, D. Pedro II autorizou que Thomas Edison introduzisse suas invenções no Brasil, e dessa forma, em 1879 foi inaugurada a Iluminação Elétrica da estrada central da Estrada de Ferro D. Pedro II, constituída por apenas seis lâmpadas, acionadas a partir da energia elétrica gerada por dois dínamos (SILVA, 2006, p.10).

Em relação à responsabilidade sobre os serviços de IP: “Compete aos Municípios, organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluindo o transporte coletivo, que tem caráter essencial” (BRASIL, 1988). Com base nisso, a ANEEL (2010), através da Resolução Normativa N°414/2010 define no Artigo 21° que “a elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de IP são de responsabilidade do ente municipal ou de quem tenha recebido a delegação para prestar tais serviços” e no Artigo 218° que “a distribuidora deve transferir o sistema de IP

registrado como Ativo Imobilizado em Serviço – AIS à pessoa jurídica de direito público competente.”, passando assim, a responsabilidade dos serviços de IP para os Municípios.

A expressão “sistemas de IP” não diz respeito apenas às lâmpadas, apesar destas representarem a maior contribuição na redução do custo de cada sistema, mas a todo conjunto luminotécnico, como suportes, chaves de comando e reatores. Em outras palavras, todo sistema responsável por prover o serviço de IP (SILVA, 2006, p.5).

Desta forma, tendo em vista a relevância social e econômica dos sistemas de IP, e sob a hipótese de que o aumento da eficiência desses sistemas possibilita uma melhoria significativa do ponto de vista financeiro, esse trabalho tem como objeto de pesquisa apresentar uma visão geral e fazer uma análise econômica da execução do projeto, operação e manutenção dos sistemas de IP, possibilitando assim, propor medidas que melhorem a eficiência e conseqüentemente, reduzam os custos envolvidos nessas ações.

### **1.1 Justificativa**

Com a utilização de tecnologias mais eficientes, pode-se atingir uma economia de pelo menos 30% por sistema de IP (ELETROBRAS PROCEL, 2016). Uma maneira de se fazer isso, é por meio da substituição de lâmpadas incandescentes mistas e de vapor de mercúrio, por outras mais eficientes, como lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão, a vapor metálico ou luminárias LED (*Light Emitting Diode*), proporcionando assim a redução no consumo de energia elétrica (VASCONCELLOS E LIMBERGER, 2013).

De acordo com dados da Eletrobrás Procel (2016):

Desde 2000, equipamentos de mais de 2,78 milhões de pontos de iluminação pública foram substituídos por modelos mais eficientes, em mais de 1.300 municípios brasileiros, somando mais de R\$ 500 milhões em investimentos.

A Tabela 1, apresentada a seguir, mostra dados do consumo de energia elétrica, para os anos de 2016 e 2017, em todo o País. Percebe-se que o serviço de IP representa cerca de 3,3% do consumo total de energia elétrica no Brasil.

Tabela 1 – Consumo de Energia Elétrica no Brasil por Classes de Consumo

Classes de consumo	Energia Consumida (GWh)		( $\Delta$ %)	%
	2016	2017		
Residencial	132.872	134.368	1,1	28,8
Industrial	165.314	167.398	1,3	35,8
Comercial	87.873	88.292	0,5	18,9
Rural	27.266	28.136	3,2	6,0
Poder Público	15.096	15.052	-0,3	3,2
<b>Iluminação Pública</b>	<b>15.035</b>	<b>15.443</b>	<b>2,7</b>	<b>3,3</b>
Serviço Público	14,969	15.196	1,5	3,3
Consumo Próprio	3.355	3.277	-2,3	0,7
<b>Total</b>	<b>461.780</b>	<b>467.161</b>	<b>1,2</b>	<b>100</b>

Fonte: EPE, 2018. Adaptado pelo autor.

É possível observar na Tabela 1, que houve um aumento de 1,2% no consumo total de energia no País, sendo que o aumento no consumo de energia com IP foi de cerca de 2,7% só não sendo maior que o aumento percentual no consumo de energia Rural, de aproximadamente 3,2%. Considerando que tecnologias mais eficientes vêm sendo usadas, isso indica que houve um aumento no número de pontos de IP no país. De qualquer forma, fica clara a necessidade de se reduzir ainda mais o consumo de energia nesse setor. Abaixo, está apresentada uma tabela similar, com os dados de consumo por classe para o estado do Espírito Santo, nos anos de 2016 e 2017:

Tabela 2 – Consumo de Energia Elétrica no Espírito Santo por Classes de Consumo

Classes de consumo	Energia Consumida (GWh)		( $\Delta$ %)	%
	2016	2017		
Residencial	2.386	2.344	-1,8	24,0
Industrial	3.830	3.891	1,6	39,8
Comercial	1.788	1.751	-2,0	17,9
Rural	964	924	-4,2	9,4
Poder Público	285	269	-5,4	2,8
<b>Iluminação Pública</b>	<b>377</b>	<b>400</b>	<b>6,2</b>	<b>4,1</b>
Serviço Público	197	196	-0,7	2,0
Consumo Próprio	10	9	-5,0	0,1
<b>Total</b>	<b>9.836</b>	<b>9.785</b>	<b>-0,5</b>	<b>100</b>

Fonte: EPE, 2018. Adaptado pelo autor.

Analisando-se os dados da Tabela 2, verifica-se que o consumo de energia elétrica com IP, cerca de 4,1% do total gasto no estado, passa a ter maior relevância do que o gasto com a mesma classe no país todo. Também é interessante salientar, que dentre as classes de consumo, as únicas que apresentaram aumento em relação ao ano anterior foram as classes Industrial e de IP. A segunda, apresentou um aumento de cerca de 6,2% no último ano e de cerca de 57,5% nos últimos quatro anos, passando de 254 GWh em 2013 para 400 GWh em 2017 (EPE, 2018). Isso ressalta o fato de que é preciso analisar e investir em alternativas que permitam reduzir o consumo nesse setor.

A adoção de tecnologias mais modernas e eficientes, juntamente com a modernização do sistema de IP, possibilita uma redução no consumo de energia elétrica além de levar a um aumento na qualidade do serviço de iluminação, já que as novas tecnologias utilizadas, fazem com que para um mesmo nível de iluminação, sejam necessárias potências cada vez menores por parte das luminárias (SILVA, 2006, p.4).

Para Vasconcellos e Limberger (2013), a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), pelo Governo Federal no ano de 1985, foi um passo importante na busca por um sistema de IP eficiente. O PROCEL, atua nessa área especificamente através do programa Procel Reluz, que tem como objetivo remodelar os sistemas, apresentando ganhos energéticos, econômicos e sociais. Por meio deste programa, os municípios podem tornar seus pontos de iluminação mais eficientes, deixando-a melhor e mais econômica. Além disso, são propostos vários projetos, referentes a iluminação especial e iluminação de destaque, por exemplo.

No ano de 2011, o Brasil apresentava um valor estimado de cerca de 14,7 milhões de pontos de IP (ELETROBRAS PROCEL, 2012). Sendo que boa parte desses pontos (mais de 60%), já haviam sido convertidos para tecnologias mais eficientes, graças à atuação do programa Reluz (VASCONCELLOS E LIMBERGER, 2013).

Atualmente, um dos principais desafios no setor de IP, é a redução do consumo de energia elétrica, utilizando tecnologias como os sistemas LED, que oferecem grande economia e melhoria na qualidade da iluminação das cidades. Isso garantirá, a médio e longo prazo, ganhos para a população, no aumento da segurança e também na redução dos gastos públicos. Em

adição a isso, tecnologias mais modernas já vêm sendo usadas com o objetivo de redução de consumo e custo. Um exemplo disso é a Telegestão, que será discutida com mais detalhes no próximo capítulo. Por meio dela, é possível controlar a intensidade de luz de cada luminária e verificar problemas no acionamento das mesmas.

A partir do ano de 2014, quando, seguindo a determinação da Resolução Nº 414/2010 da ANEEL, as concessionárias repassaram os ativos de IP para os municípios, ganharam força os contratos do tipo Parceria Público Privada (PPP), que tem orçamento mínimo de R\$ 20 milhões e duração mínima de 5 anos e máxima de 35 anos, firmados entre empresa privada e o governo federal, estadual ou municipal. Esse formato passou a ser uma alternativa interessante para as prefeituras, de forma a passar a responsabilidade pelos serviços prestados para a iniciativa privada. Desde então, algumas parcerias foram realizadas para a revitalização do parque de IP, dentre estas, está a PPP firmada entre a Prefeitura de Belo Horizonte e o consórcio IP Belo Horizonte, com duração de 20 anos e valor estimado em R\$ 1,4 bilhão. O edital previa uma redução de consumo de energia com IP em Belo Horizonte de 45% ao final dos cinco primeiros anos de contrato (O SETOR ELÉTRICO, 2017).

Nesse contexto, principalmente quando se leva em consideração os valores envolvidos nesses tipos de contrato, faz-se necessária uma avaliação mais detalhada dos aspectos econômicos envolvidos em todas as etapas de implantação de um sistema de IP, possibilitando assim, sugerir medidas que visem o aumento da eficiência desses processos, buscando a redução do consumo de energia e conseqüentemente uma redução de custos. Além disso, por envolver o gasto de dinheiro público, essa é uma análise relevante para a população, dando uma visão geral de como os recursos públicos são gastos nesse setor.

## **1.2 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma visão ampla e fazer uma análise dos aspectos econômicos que envolvem a execução do projeto, operação e manutenção dos sistemas de IP, bem como elucidar conceitos relacionados a IP e introduzir novas tecnologias, de forma a propor medidas que melhorem a eficiência e aumentem a qualidade do sistema, podendo assim reduzir gastos e proporcionar maior conforto e segurança para a população.



### 1.3 Objetivos Específicos

- Esclarecer conceitos importantes de luminotécnica, bem como as normas que definem como deve ser feito um projeto de IP;
- Introduzir novas tecnologias e avaliar suas possíveis vantagens;
- Apresentar e aplicar uma metodologia de análise econômica para os sistemas de IP;
- Analisar os custos com implantação, manutenção e operação dos sistemas de IP, comparando diferentes licitações;
- Verificar a viabilidade da revitalização do sistema de iluminação do anel viário da UFES, no campus de Goiabeiras, com utilização de luminárias LED;
- Mostrar as vantagens e os possíveis ganhos econômicos alcançados a partir do uso do novo sistema;
- Apresentar uma proposta alternativa de modernização, com uso de Telegestão;
- Avaliar a aplicabilidade da proposta apresentada.

### 1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. No capítulo 2, são explanados conceitos sobre luminotécnica, bem como definições importantes sobre sistemas de IP, descrevendo as atividades de implantação, manutenção e operação desses sistemas. Nele também é apresentada a base normativa para projetos de IP e algumas novas tecnologias aplicadas na área e as vantagens e desvantagens de cada tipo de tecnologia.,

No capítulo 3 é apresentada uma análise econômica da implantação, manutenção e operação dos sistemas de IP, com base em dados de licitações desse setor, com o foco na redução de custos com consumo de energia elétrica a partir da substituição dos sistemas atuais por sistemas mais modernos. É apresentada também a base legal a respeito das licitações e seus desdobramentos.

O capítulo 4 traz um estudo de caso, com foco na viabilidade econômica, sobre a possibilidade de implantação de um sistema de iluminação mais moderno no anel viário da Universidade Federal do Espírito Santo, campus Goiabeiras. No último capítulo são apresentadas as conclusões finais do trabalho desenvolvido.

## **2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos importantes para base teórica do presente trabalho tais como: conceitos básicos de luminotécnica, as etapas referentes à implementação de um sistema de IP e a operação do mesmo durante sua vida útil, bem como a base normativa para tal e também as partes integrantes fundamentais de um sistema de IP, como lâmpadas, luminárias e reatores, inserindo nesse contexto novas tecnologias utilizadas atualmente.

### **2.1 Conceitos Utilizados em Luminotécnica**

#### **2.1.1 Fluxo Luminoso**

O conceito de fluxo luminoso tem grande importância para os estudos de iluminação. Pode ser representado pela potência luminosa emitida por uma fonte, por unidade de tempo, em todas as direções, sob a forma de luz. Pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) sua unidade é o lúmen (lm) e a unidade de tempo é dada em segundos (COPEL, 2012). Segundo RODRIGUES (2002) “em uma analogia com a hidráulica, seria como um chafariz esférico, dotado de inúmeros furos na sua superfície. Os raios luminosos corresponderiam aos esguichos de água dirigidos a todas as direções [...]”.

#### **2.1.2 Iluminância**

Pode-se dizer, que a iluminância é o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de área ( $m^2$ ) e sua unidade é o lux. Dessa forma, um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana quadrada de um metro quadrado de área, onde um fluxo luminoso de um lúmen incide perpendicularmente. Supondo que exista um valor ótimo de luz para quantificar um projeto de iluminação, o melhor conceito de iluminância seria a densidade de luz necessária para a realização de determinada tarefa visual (RODRIGUES, 2002).

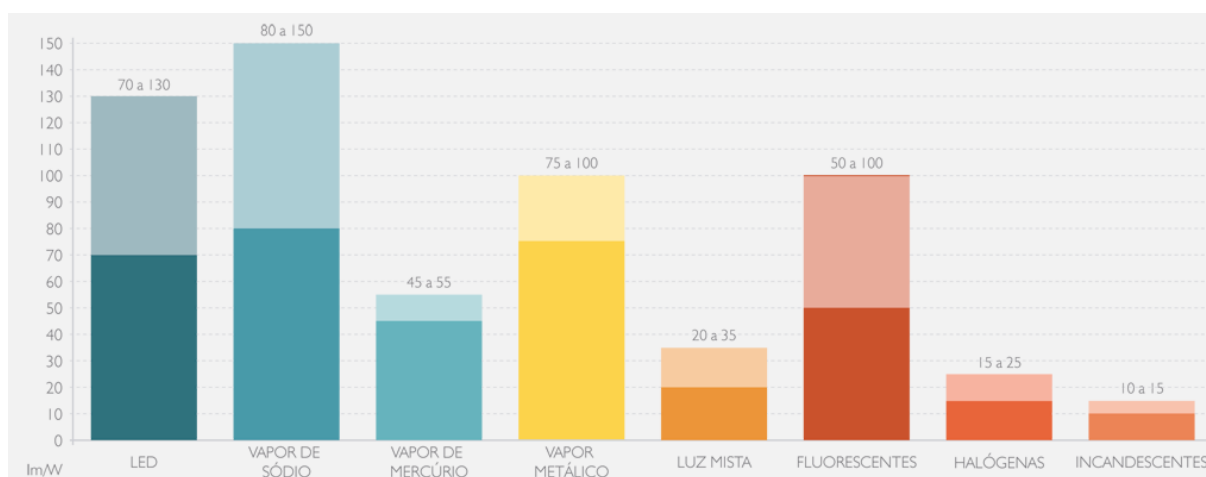
#### **2.1.3 Eficiência Luminosa**

De acordo com COPEL (2012), “a eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido pela potência elétrica absorvida, sendo a unidade de medida o lúmen por Watt (lm/W). Este conceito é utilizado para comparar diferentes fontes luminosas.”. Ou seja, é a quantidade de “luz” que uma fonte luminosa consegue produzir a partir de 1W de potência elétrica. Quanto

maior a eficiência de uma determinada fonte luminosa, menor será o consumo para uma mesma quantidade de luz produzida (RODRIGUES, 2002).

Na Figura 1, pode-se observar a eficiência luminosa de diversos tipos de lâmpadas diferentes.

Figura 1 – Eficiência Luminosa de diferentes tipos de lâmpadas



Fonte: EMPALUX, 2016.

### 2.1.4 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O IRC é o índice que determina a correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz. Como regra, tem-se que a luz artificial deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia (luz do sol). Se uma lâmpada apresenta IRC 100%, ela deverá apresentar as cores com total fidelidade e precisão. Quanto menor for esse índice, menor será a qualidade da reprodução de cores. Cada ambiente deverá ter um índice específico dependendo das atividades desempenhadas nele. Em uma fábrica de tintas por exemplo, o IRC deve ser o mais próximo possível de 100% (RODRIGUES, 2002).

Na Figura 2, pode-se observar a diferença ao se utilizar fontes luminosas com diferentes índices de reprodução de cor. Na imagem da esquerda, a fonte luminosa utilizada foi de LED, com alto IRC. Na imagem da direita, sob as mesmas condições, porém utilizando-se lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP), de baixo IRC, a definição das cores ficou bastante prejudicada.

Figura 2 – Comparativo entre duas fontes luminosas com diferentes IRC's



Fonte: COPEL, 2012

### 2.1.5 Temperatura de cor

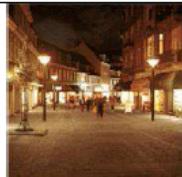


A temperatura de cor não está relacionada com o calor emitido por uma fonte luminosa, como o nome leva a pensar, mas sim pela sensação de conforto que a mesma proporciona em determinado ambiente. A “luz fria” como é comumente chamada, apresenta maior valor de temperatura, e a luz emitida será mais branca. Por outro lado, quando a temperatura de cor for baixa, a luz será amarelada, proporcionando maior sensação de conforto e relaxamento e é chamada de “luz quente” (COPEL, 2012). “A ‘luz branca natural’ é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é de 5800K” (RODRIGUES, 2002).

Na iluminação de interiores, como quartos e salas, é desejável que a temperatura de cor seja mais baixa, deixando o ambiente mais aconchegante. No caso de escritórios e outros ambientes que necessitem de concentração por parte do frequentador, é interessante que a iluminação seja feita com temperatura de cor mais alta, deixando o indivíduo mais “alerta”.

No caso de IP, a temperatura de cor irá variar dependendo da finalidade do local e do tipo de lâmpada que se deseja usar. “Efeitos atrativos podem ser criados pelo uso de lâmpadas com temperatura de cor diferente. Por exemplo, se utilizarmos lâmpadas VS para a iluminação do entorno, o interior da praça pode ser iluminado com lâmpadas VMT” (CEMIG, 2002). Onde VS indica lâmpadas de vapor de sódio e VMT indica lâmpadas de vapor metálico.

No Quadro 1, pode-se observar o efeito da variação da temperatura de cor para um determinado ambiente.

Quadro 1 – Temperatura de cor

Temperatura de cor (K)	Aparência	
<3300	Quente (branco alaranjado)	
De 3300 a 5000	Intermediária (branco)	
>5000	Fria (branco azulado)	

Fonte: COPEL, 2012.

## 2.2 Implantação de Sistema de IP e a base normativa

### 2.2.1 A ABNT NBR 5101 e a Elaboração e Execução de Projeto de IP

A norma ABNT NBR 5101:2018 – Iluminação Pública – Procedimento, é a principal norma utilizada em sistemas de IP no Brasil. É a partir dela que se determinam os parâmetros mínimos a serem considerados em um projeto e na sua verificação em campo após a instalação. Essa norma tem por base documentos da *Illuminating Engineering Society* (IESNA – Sociedade de Engenharia da Iluminação), de normas americanas (VASCONCELLOS E LIMBERGER, 2013).

A NBR 5101 define alguns conceitos básicos para a elaboração de projeto de IP, tais como: classificação de vias públicas, classificação do volume de tráfego, condições específicas relacionadas a conceitos de luminotécnica, entre outros. Além dela, cabe também destacar algumas normas brasileiras referentes aos equipamentos e materiais aplicados no sistema de IP, relacionadas a seguir:

- ABNT NBR IEC 60598:2010 – Luminárias;
- ABNT NBR 15129:2012 - Luminárias para iluminação pública;
- ABNT NBR IEC 60662:1997 - Lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão;
- ABNT NBR IEC 61167:1997 – Lâmpadas a vapor metálico;

- ABNT NBR – 13593:2013 - Reator e ignitor para lâmpada a vapor de sódio a alta pressão - Especificação e ensaios;
- ABNT NBR - 5123:2016 - Relé fotoelétrico e tomada para iluminação;
- IEC 61048:2015 e IEC 61049 Ed. 1.0 b – Capacitores utilizados em circuitos com lâmpadas de descarga;
- Demais normas - Postes, lâmpadas a vapor de mercúrio, conectores etc.

Dentre todos os conceitos definidos na NBR 5101, alguns têm maior relevância quando se trata de iluminação de vias públicas e, portanto, são essenciais no entendimento deste projeto. A seguir são apresentados alguns dos principais conceitos:

*Iluminância média* – Em linhas gerais, a ABNT NBR 5101:2018 define a iluminância média como o valor médio das medições locais de iluminância. A norma apresenta uma metodologia específica para as medições em cada local e com base nisso, pode-se definir:

$$E_{MED} = \frac{\sum E_{LOCAL}}{n_{LOCALS}} \quad (1)$$

Onde,

$E_{MED}$  é o valor da Iluminância média;

$E_{LOCAL}$  é cada valor de iluminância medido no ambiente de acordo com a metodologia da norma;

$n_{LOCALS}$  é o número de medições realizadas naquele ambiente.

*Fator de Uniformidade* – A norma define o fator de uniformidade como sendo a razão entre a iluminância mínima dentre as medições realizadas e a iluminância média calculada:

$$U = \frac{E_{MIN}}{E_{MED}} \quad (2)$$

Onde,

U é o fator de uniformidade;

$E_{MIN}$  é a iluminância mínima (necessariamente superior a 1 lux);

$E_{MED}$  é a iluminância média calculada.

Em termos de projeto de iluminação de vias públicas, o primeiro passo é definir em qual classe de iluminação a via em questão melhor se enquadra, conforme o Quadro 2, apresentado a seguir:

Quadro 2 – Classes de iluminação para cada tipo de via

<b>Descrição da Via</b>	<b>Classe de Iluminação</b>
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; autoestradas	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	
Volume de tráfego intenso	V2
Volume de tráfego médio	V3
Volume de tráfego leve	V4
Vias locais; vias de conexão menor importante; vias de acesso residencial	
Volume de tráfego médio	V4
Volume de tráfego leve	V5

Fonte: ABNT, 2018.

Definidos os conceitos de iluminância média e fator de uniformidade e fazendo-se uso dos dados do Quadro 2 para definir a classificação da via, o próximo passo é consultar qual o valor mínimo da iluminância média e do fator de uniformidade para cada tipo de via. Vale ressaltar que, os dados aqui tratados se referem exclusivamente a iluminação de vias para tráfego de veículos, que em sua maioria necessitam de um maior valor de iluminância média. A norma ainda traz orientações para o projeto de vias de pedestres e para situações específicas, como

cruzamentos, por exemplo. O Quadro 3 traz os valores mínimos de iluminância média e fator de uniformidade para cada classe de via pública de tráfego de veículos.

Quadro 3 – Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de Iluminação de vias

Classe de Iluminação	Iluminância média mínima (lux)	Fator de Uniformidade Mínimo
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: ABNT, 2018.

Com esses dados em mãos, o responsável pelo projeto pode fazer uso de *softwares* para realizar simulações. Tendo como entrada os valores mínimos de iluminância média e fator de uniformidade, as características da via e demais condições pré-definidas pelo usuário, como tipo de luminária e altura dos postes por exemplo, é possível utilizar o *software* e por meio da simulação definir quantas luminárias serão necessárias e qual a melhor maneira de distribuir as mesmas, de forma a atender os requisitos estabelecidos por norma.

Figura 3 – Instalação de Luminária LED em Via Pública



Fonte: PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018.



Geralmente as Prefeituras, ou órgão público responsável pela iluminação, contratam empresas para realização do projeto e em seguida são feitas licitações para contratação da empresa responsável pela execução do mesmo. No próprio edital, podem ser feitas solicitações específicas sobre as condições mínimas do sistema de iluminação, desde que essas condições atendam ao que está definido na norma. Dessa forma, ao final da implantação do sistema de IP, uma auditoria deve ser feita para verificar se os requisitos e condições mínimas foram atendidos.

### 2.2.2 Manutenção de Sistemas de IP

Quando se trata de manutenção de sistemas de IP, a ABNT (2018) traz algumas recomendações de boas práticas de manutenção, como, por exemplo: manter valores nominais de tensão e corrente na operação da fonte de luz; substituir regularmente as fontes de luz depreciadas; realizar uma limpeza periódica das luminárias. A norma ainda determina, que deve ser realizada manutenção nas luminárias sempre que a iluminância média atingir 70% da inicial.

Figura 4 – Luminária em más condições de conservação



Fonte: CARLOS, 2017.

Os principais problemas na gestão dos sistemas de IP estão relacionados a perda de eficiência ou até mesmo ao não funcionamento das luminárias, por diversos motivos. Falta de limpeza, problemas no fornecimento de energia e até mesmo vandalismo, fazem com que seja necessário ter um planejamento de manutenção. Nesse sentido, podem ser considerados dois tipos principais de manutenção: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

Na manutenção preventiva, o objetivo é a preservação do sistema, mantendo-o com o melhor desempenho possível, evitando ou reduzindo as falhas. Para isso são feitas inspeções com substituições individuais ou em grupo. Alguns elementos como lâmpadas, reatores e relés são passíveis de manutenção preventiva, pois apresentam maior probabilidade de falhas.

Na manutenção corretiva, o objetivo é de corrigir falhas ocorridas no sistema, e quando possível, identificar suas causas, podendo assim implementar medidas seguras, que possam ser aplicadas nas manutenções preventivas. Essas manutenções são realizadas por meio de inspeções prévias, rondas periódicas e reclamações de usuários. Existe ainda, a manutenção emergencial, que não deixa de ser uma manutenção corretiva, mas que se caracteriza principalmente pela urgência com que o reparo deve ser feito. Um exemplo seria a queda de um poste que provoque o rompimento dos cabos e conseqüentemente a falta de iluminação em toda uma região, tornando-a perigosa devido à violência ou possibilidade de acidentes e requerendo assim uma ação rápida por parte dos órgãos responsáveis.

De acordo com Junior (2015), para se evitar ocorrências corretivas ou emergenciais, é necessário que haja uma rotina de manutenção preventiva, no entanto, as manutenções corretivas são as que ocorrem em maior escala. A situação se agrava quando se trata de grandes centros urbanos, onde o tráfego de pessoas e veículos é muito maior.

Nesse sentido, novas tecnologias como a de telegestão por exemplo, podem ser uma saída para os órgãos responsáveis. Com ela, é possível mapear todos os pontos de iluminação, verificar sua condição de operação e dessa forma traçar a estratégia mais adequada para o plano de manutenção preventiva. Adicionalmente, torna-se muito mais simples identificar quais pontos necessitam de uma ação emergencial e assim reduzir o tempo de resposta.

### 2.2.3 Operação de Sistemas de IP

Para a operação dos sistemas de IP, em geral, existem basicamente duas formas de acionamento: em grupo e o individual. No acionamento em grupo, cada circuito é associado a um conjunto de equipamentos de comando, constituído pelo relé fotoelétrico, como o mostrado na Figura 5, e uma chave magnética. Na presença de luz natural, o contato do relé se abre, desligando a chave e o grupo de lâmpadas. No caso de falha, as lâmpadas permanecem acesas. No caso de acionamento individual, o funcionamento é similar, mas as lâmpadas são ligadas diretamente à rede da concessionária. Esses sistemas obedecem a uma rotina pré-estabelecida de período de operação, conforme sua localidade e finalidade (JUNIOR, 2015).

Figura 5 – Relé fotocontrolador



Fonte: VASCONCELLOS E LIMBERGER, 2013.

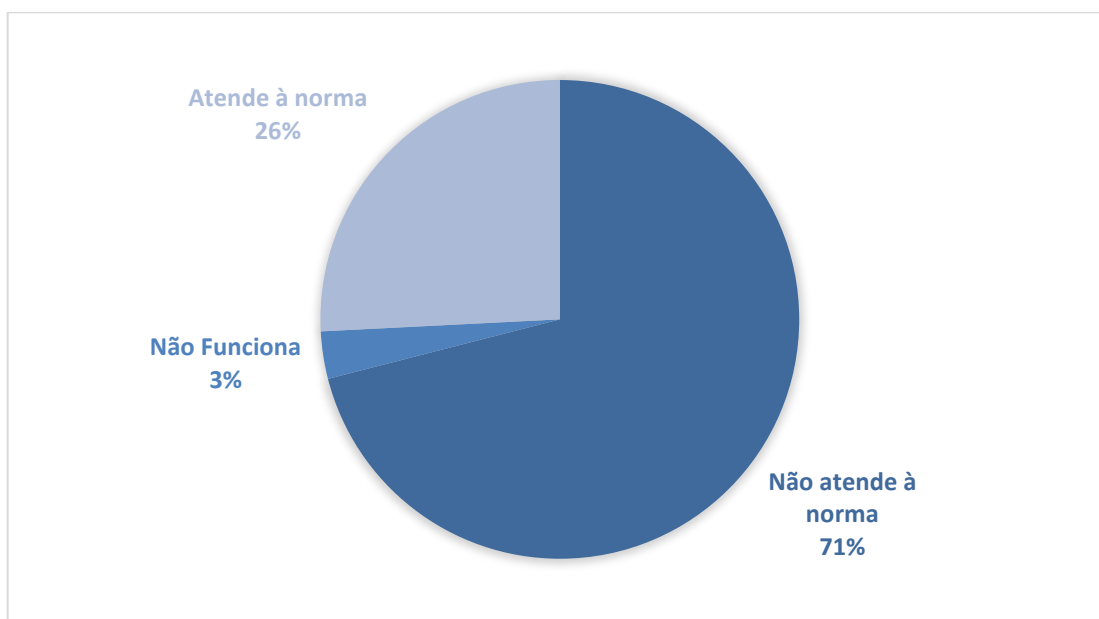
Nessas condições, operar o sistema de IP consiste basicamente na gestão do sistema, como na elaboração de um plano de manutenção e no atendimento de chamadas e reclamações dos usuários e também no que diz respeito aos gastos com consumo de energia elétrica. Nesse sentido, um dos principais problemas enfrentados está exatamente no uso dos relés fotoelétricos, que quando falham podem permitir que as luminárias fiquem acionadas ininterruptamente. A ANEEL, em sua Resolução N° 414/2010, no Artigo 24°, determina que:

Para fins de faturamento da energia elétrica destinada à iluminação pública ou à iluminação de vias internas de condomínios, o tempo a ser considerado para consumo diário deve ser de 11 (onze) horas e 52 (cinquenta e dois) minutos, ressalvando o caso de logradouros que necessitem de iluminação permanente, em que o tempo é de 24 (vinte e quatro) horas por dia do período de fornecimento (ANEEL, 2010).

Sendo assim, tendo em vista a determinação da Aneel no que tange ao faturamento da energia destinada a IP, uma luminária acionada ininterruptamente, além do desperdício de energia ainda apresenta um prejuízo para a concessionária responsável pelo fornecimento. Por outro lado, luminárias defeituosas ou que funcionem durante um período de tempo menor que o necessário, fazem com que o ente responsável pague por um serviço que não está sendo efetivamente utilizado.

Em 2006, em uma parceria firmada entre a Eletrobrás Procel e a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), foram realizados estudos para avaliar alguns aspectos referentes a sistemas de IP instalados no estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, por meio de projetos financiados pela Eletrobrás no âmbito do Procel Reluz. Em relação aos relés o estudo avaliou o funcionamento das amostras coletadas em relação a critérios exigidos pela norma ABNT NBR 5123:1998 e observaram que das 187 amostras, cerca de 70% não estavam conformes. Em sua maioria, o problema observado foi o acendimento e apagamento das lâmpadas com valores de iluminância maiores que os especificados na norma, ocasionando assim um consumo adicional de energia (VASCONCELLOS E LIMBERGUER, 2013).

Gráfico 1 – Porcentagem de Relés que atendem ou não à norma ABNT NBR 5123:1998



Fonte: VASCONCELLOS E LIMBERGUER, 2013.

De acordo com Vasconcellos e Limberguer (2013), a partir dos dados de acionamento dos Relés fora do valor de iluminância especificado por norma, foi possível estimar que as lâmpadas ficavam acesas por cerca de 27 minutos além do necessário, causando um aumento no consumo de energia. Na Tabela 3, pode-se observar a perda de energia, por dia e por ponto de iluminação, causada por um problema de ajuste ou sensibilidade dos relés.

Tabela 3 – Consumo incremental mensal de energia considerando um acionamento excedente de 27 minutos por dia por ponto de iluminação

Potência da Lâmpada utilizada no ponto de IP (W)	70	100	150	250	400
Consumo incremental mensal (Wh/mês)	945	1350	2025	3375	5400

Fonte: VASCONCELLOS E LIMBERGUER, 2013.

Ao longo dos últimos anos, houve um aumento no rigor da avaliação de conformidade, não só dos relés, mas também de vários outros componentes do sistema de IP, tendo como motivação principalmente os estudos realizados pelo programa Procel Reluz. Além disso, novas tecnologias voltadas para gestão do sistema e economia de energia, surgiram no País. A telegestão, que será discutida nesse capítulo, apareceu como uma boa alternativa na operação dos sistemas de IP, possibilitando um controle em tempo real da situação de todos os pontos de luz mapeados e não dependendo assim de relés fotoelétricos para o acionamento das luminárias. Adicionalmente, é crescente a prática de se acoplar pequenos painéis solares aos postes de iluminação nos novos projetos, no sentido de gerar parte da energia consumida naquele ponto, algo que já é possível observar em algumas rodovias estaduais e federais, em trechos administrados por concessionárias.

A operação dos sistemas de IP tem cada vez mais o objetivo de melhorar eficiência desses sistemas, por meio de tecnologias mais sustentáveis, reduzindo falhas e o consumo de energia e conseqüentemente o gasto com IP.

### 2.3 Componentes do Sistema de IP

Os sistemas de IP são compostos por uma grande diversidade de equipamentos, tendo uma variação considerável dependendo da sua aplicação específica. Aqui, serão apresentados de maneira simplificada alguns dos elementos essenciais para esses sistemas, levando em consideração, além de sua relevância para o funcionamento, o impacto desses componentes no custo de implantação, manutenção e operação dos sistemas.

### 2.3.1 Lâmpadas

Apesar de todos os componentes serem considerados fundamentais, as lâmpadas se destacam dentre esses elementos, tendo em vista que é a fonte de luz e também a referência na medição do consumo de energia, na qualidade e na eficiência do sistema. Devido à variedade de opções disponíveis no mercado, existem diversos modelos instalados, porém predominam as lâmpadas de vapor de mercúrio ou sódio (JUNIOR, 2015).

#### 2.3.1.1 Lâmpada a Vapor de Mercúrio em alta pressão

As lâmpadas a vapor de mercúrio em alta pressão são lâmpadas de descarga, cuja fonte de luz se dá a partir da excitação de gases provocada pela corrente elétrica. Durante a partida, há a ionização de um gás inerte, geralmente o argônio, levando a um aquecimento que faz com que o mercúrio evapore e produzindo uma luz amarelada. A ionização do mercúrio que se dá em seguida, provoca colisões entre os elétrons livres provenientes do mercúrio e do argônio, formando uma luz azulada, que combinada com a luz amarelada inicial, compõem a luz desta lâmpada (COPEL, 2012). A Figura 6 apresenta um exemplo de lâmpada de vapor de mercúrio.

Figura 6 – Tipo de lâmpada a vapor de mercúrio



Fonte: COPEL, 2012.

### 2.3.1.2 Lâmpada a Vapor de Sódio em alta pressão

As lâmpadas a vapor de sódio apresentam um funcionamento bem semelhante às de vapor de mercúrio, tendo como principal diferença a adição de sódio o que exige que sua partida seja feita por meio de um pico de tensão com curta duração, na ordem de microssegundos (COPEL, 2012). São apresentados na Figura 7 alguns exemplos de modelos de lâmpadas a vapor de sódio.

Figura 7 – Modelos tubular e ovoide de lâmpadas a vapor de sódio



Fonte: COPEL, 2012.

Essas lâmpadas apresentam como principal vantagem a grande eficiência luminosa, podendo chegar até a 150 lm/W, sendo assim, amplamente utilizadas em sistemas de IP. No entanto, as mesmas apresentam um baixo IRC e baixa temperatura de cor, cerca de 24% e 2000 K, respectivamente, o que torna o seu uso inadequado em algumas situações específicas.

### 2.3.1.3 Lâmpada a vapor metálico

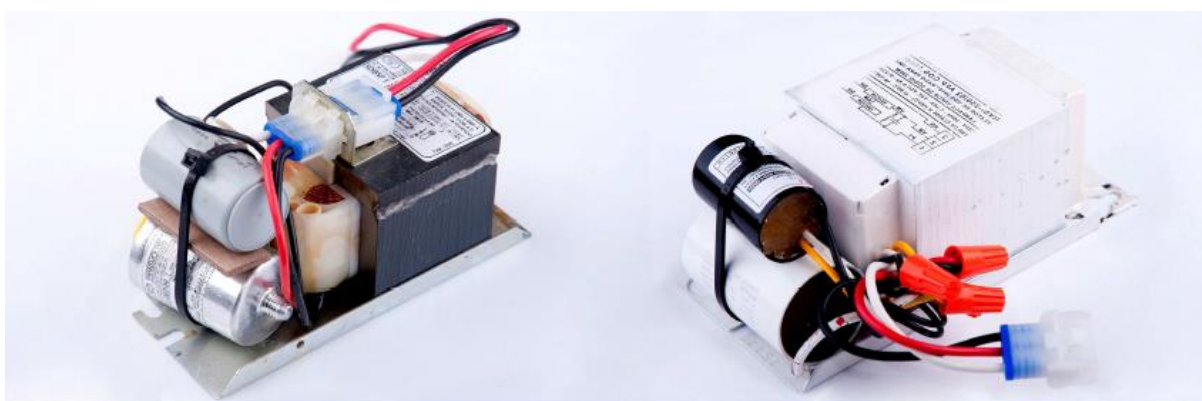
As lâmpadas a vapor metálico apresentam uma evolução em relação as lâmpadas a vapor de mercúrio. Fisicamente, são muito semelhantes as lâmpadas a vapor de sódio. Em relação ao funcionamento, o princípio é o mesmo das primeiras, porém a adição de iodetos metálicos permitiu uma maior eficiência luminosa e IRC. Essas características conferem a ela uma luz extremamente brilhante, sendo muito indicada para iluminação de destaque, por exemplo.

### 2.3.2 Reatores e Ignitores

As lâmpadas de descarga apresentam uma impedância dinâmica negativa logo após a sua ignição. À medida que a corrente aumenta na lâmpada, a tensão em seus eletrodos diminui. Dessa forma as lâmpadas de descarga necessitam de reatores, que têm impedância positiva e assim conseguem estabilizar a corrente no ponto de operação nominal da lâmpada (NOGUEIRA, 2013).

Existem, basicamente, duas tecnologias disponíveis para reatores, os magnéticos e os eletrônicos. Os reatores eletrônicos são fontes chaveadas em alta frequência que controlam a corrente de alimentação das lâmpadas. Já os reatores magnéticos são indutores dimensionados para operarem na frequência da rede elétrica. Junto com o indutor, no interior do reator são instalados o ignitor e um capacitor para correção do fator de potência. Diferentemente do magnético, o reator eletrônico dispensa o uso de ignitores e de capacitores externos para correção do fator de potência. Ele também permite o controle de parâmetros elétricos da lâmpada, conferindo maior vida útil e melhor rendimento. No entanto, apresentam maior custo e menor robustez quando comparados com os magnéticos (COPEL, 2012). A Figura 8 apresenta exemplos de reatores internos.

Figura 8 – Reator interno com ignitor e capacitor acoplados



Fonte: COPEL, 2012.

Os ignitores são necessários no acionamento de lâmpadas de vapor de sódio e de vapor metálico, para gerar pulsos de alta tensão de forma a ionizar os gases existentes no tubo de descarga (RODRIGUES, 2012).



### 2.3.3 Relé Fotoelétrico

Esses dispositivos são utilizados para controlar o acendimento e desligamento das lâmpadas de forma automática, de acordo com a luminosidade do ambiente. Como citado anteriormente, são alguns dos principais responsáveis pelos problemas nos sistemas de IP, o que levou ao desenvolvimento de diferentes tecnologias, tais como: térmico, magnético, eletrônico e temporizado. São dispositivos de baixo custo, quando comparados aos demais elementos, e de fácil instalação (RODRIGUES, 2012). Alguns exemplos de relés são mostrados na Figura 9.

Figura 9 – Tipos de relés



Fonte: COPEL, 2012.

No caso do relé térmico, o acionamento se dá a partir da deformação de lâminas bi metálicas, devido à passagem de corrente elétrica, que só ocorre quando o sensor fotoelétrico é sensibilizado. No caso do relé magnético, a sensibilização do sensor faz fluir uma corrente pela sua bobina, que induz um campo magnético e conseqüentemente gera uma força capaz de alternar a posição dos polos de uma chave eletromecânica. Nos relés com acionamento eletrônico, também se utilizam chaves eletromecânicas, porém nesse caso a corrente é proveniente de circuitos eletrônicos. Esses relés podem ser projetados de forma a prover temporizações, proteção contra sobrecorrente e sobretensões, tornando-o um equipamento mais confiável e de maior durabilidade (COPEL, 2012).

### 2.3.4 Luminárias

As luminárias têm como principal função direcionar a maior quantidade possível do fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa para as áreas de interesse, reduzindo a poluição luminosa pela dispersão de luminosidade (JUNIOR, 2015). Além disso, as luminárias são partes fundamentais para garantir a segurança e um aumento da vida útil das lâmpadas, dessa forma, investir numa luminária mais completa e, muitas vezes, mais cara, pode ser vantajoso em algumas situações.

Segundo Nogueira (2013, p.40) “a luminária de iluminação pública normalmente é composta por um conjunto óptico (composto por um refletor e um difusor) [...] e um invólucro para oferecer proteção aos componentes no interior da luminária.”

Com o objetivo de aumentar a eficiência luminosa da luminária, diversos conjuntos ópticos foram desenvolvidos de forma a direcionar o fluxo luminoso para as áreas de interesse. Ainda é possível se encontrar luminárias abertas, que conseguem concentrar o fluxo luminoso de forma razoável, mas que são ineficientes na proteção das lâmpadas contra choques térmicos e incidência de insetos, por exemplo (COPEL, 2012). Nesse sentido, foram desenvolvidas luminárias fechadas, como a apresentada na Figura 10.

Figura 10 – Exemplo de luminária fechada sem equipamento



Fonte: COPEL, 2012.

Quando utilizadas luminárias fechadas sem equipamento, como a da Figura 10, os equipamentos como relés e reatores ficam expostos e devem ser instalados junto aos postes, o que além de dificultar a manutenção ainda provocam uma poluição visual, devido a exposição dos cabos e

dos próprios equipamentos (COPEL, 2012). Sendo assim, de forma a minimizar esses efeitos e proporcionar maior proteção aos equipamentos, foram desenvolvidas luminárias integradas como a que é apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Exemplo de Luminária integrada



Fonte: COPEL, 2012.

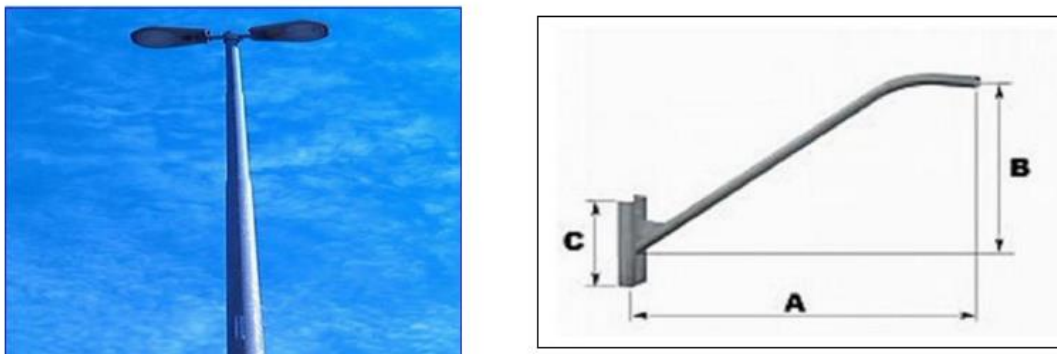
### 2.3.5 Postes e Braços

Segundo Junior (2015), os postes e braços de sustentação da luminária, tem grande importância no sistema de IP, visto que é por meio deles que a luminária permanece em condições favoráveis para uma adequada dispersão do fluxo luminoso. Dessa maneira, tanto o tamanho do poste como do braço, está diretamente ligado a largura e utilização das ruas.

Quanto ao tipo dos postes, podem ser encontrados geralmente, postes de aço e postes de concreto. A definição em relação a qual tipo de poste deve ser utilizado em cada situação, passa por diversas variáveis. A depender do local onde o poste será instalado (acesso e terreno), altura necessária do poste, peso do conjunto da luminária, cargas de vento e vibração que deverão ser suportadas e até mesmo possíveis colisões de veículos, o tipo mais conveniente será escolhido. Os postes de concreto, apresentam geralmente um menor custo de aquisição, porém podem

apresentar maior dificuldade em sua instalação. Na Figura 12 pode-se observar exemplos de poste e braço utilizados em IP.

Figura 12 – Poste e braço, utilizados em IP



Fonte: JUNIOR, 2015

Quanto aos braços utilizados em sistema de IP, são equipamento metálicos e têm como função básica servirem de sustentação para o conjunto da luminária e de eletroduto para a fiação necessária. Além disso, no que diz respeito a distribuição da luminosidade, o ângulo de fixação da luminária em relação a horizontal é de extrema importância, já que podem comprometer o desempenho do conjunto óptico (COPEL, 2012).

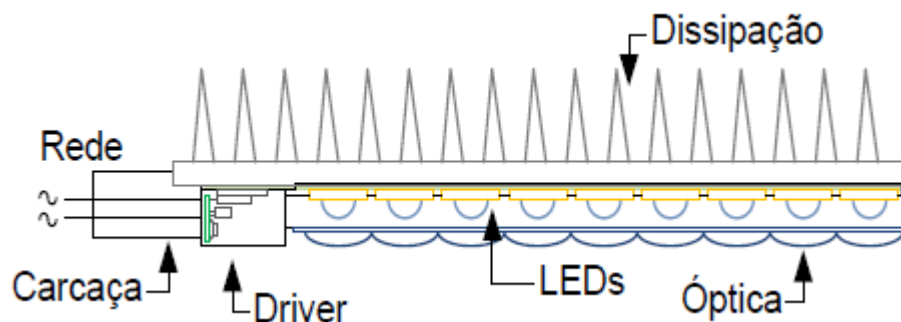
### 2.3.6 Diodos Emissores de Luz (LEDs)

Os LEDs são semicondutores constituídos por dois materiais diferentes, que formam uma junção do tipo PN. Quando esta é polarizada diretamente, as lacunas na camada P e os elétrons na camada N movem-se em direção a região de transição entre as camadas. Próximo a essa região de transição, a recombinação dos elétrons e das lacunas gera energia, que é liberada na forma de fótons de luz (BULLOUGH, 2003 citado por NOGUEIRA, 2013). Esse processo é responsável pela emissão de luz por parte dos LEDs.

Em relação ao funcionamento das luminárias que utilizam a tecnologia dos LEDs como fonte de luz, o seu acionamento necessita de circuitos eletrônicos, que são mais complexos do que os reatores eletromagnéticos utilizados no acionamento das lâmpadas de descarga. Esses circuitos eletrônicos de acionamento são chamados de *drivers* e tem uma perda de cerca de 0,5% da potência da luminária, eles devem ter a mesma vida útil dos LEDs de forma a manter o funcionamento adequado das luminárias. Há diversos estudos no sentido de desenvolver a

tecnologia dos *drivers*, aumentando sua vida útil e melhorando suas características de forma a garantir a vida útil da luminária (NOGUEIRA, 2013). Na Figura 13 pode-se observar um esquema simplificado de uma luminária LED.

Figura 13 – Estrutura simplificada de uma luminária LED de IP



Fonte: NOGUEIRA *et al.*, 2014.

Segundo Sales (2012), as luminárias tradicionais estavam no seu apogeu de desenvolvimento e pouco havia sido acrescentado a elas em termos de eficiência energética e tecnologia. Com isso, as luminárias LED foram ganhando espaço nos sistemas de IP e se desenvolveram muito nos últimos anos. Em termos de redução no consumo de energia, há em média uma redução de 50%. Luminárias de Vapor de Sódio de 250W podem ser substituídas por luminárias Led de 112 W, a depender do fabricante, sendo a redução de 59% e proporcionando uma economia estimada de 6.900 kWh ao longo da vida útil da luminária. Na Figura 14 pode-se observar um exemplo de luminária LED utilizada em IP.

Figura 14 – Exemplo de Luminária LED



Fonte: VASCONCELLOS E LIMBERGUER, 2013.

A principal fonte de luz mais utilizada em IP ainda é a lâmpada de vapor de sódio de alta pressão. Um dos principais desafios para os fabricantes de luminárias LED está em produzir um equipamento que promova a substituição direta de uma tecnologia pela outra, sem que haja necessidade de fazer alterações físicas, como no posicionamento ou altura dos postes problema, dado que boa parte dos novos projetos de IP, aproveitam a estrutura já existente (NOGUEIRA, 2013).

Por outro lado, projetos com iluminação LED, feitos especificamente para o uso dessa tecnologia, podendo escolher a altura de montagem, distância entre os postes e demais parâmetros, poderiam apresentar um melhor resultado em termos de iluminância média e de eficácia efetiva da luz (NOGUEIRA, 2013).

Uma das principais características e vantagens das luminárias LED está no fato de que nelas, diversas fontes emitem um fluxo luminoso direcionado, diferente do que com ocorre com luminárias convencionais, onde uma única fonte emite fluxo luminoso para todos os lados, sendo necessário um aparato óptico para direcioná-lo. Dessa maneira, as luminárias LED além de permitirem a redução da poluição luminosa, ainda aproveitam melhor o fluxo luminoso, fazendo com que luminárias com um fluxo mais baixo apresentem os mesmos níveis de iluminamentos que luminárias com outros tipos de lâmpada. Além dessas, Rodrigues (2012) apresenta outras vantagens das luminárias LED para IP, tais como:

- Maior eficiência luminosa;
- Alto IRC;
- Longa vida útil, reduzindo os custos de manutenção;
- Fonte de luz livre de mercúrio;
- Possibilidade de uso da dimerização;
- Possibilidade de melhorias na qualidade da energia elétrica.

Na Tabela 4 pode-se observar um comparativo entre as diferentes fontes de luz utilizadas em IP.

Tabela 4 – Comparação entre as diferentes fontes de luz utilizadas em IP

<b>Tecnologia</b>	<b>Temperatura de Cor (K)</b>	<b>IRC (%)</b>	<b>Eficiência Luminosa (lm/W)</b>	<b>Vida Útil (horas)</b>
Vapor de Sódio	2000	24	80 – 150	15.000 – 24000
Vapor Metálico	3000 – 6000	96	70 – 130	8.000 – 12.000
Vapor de Mercúrio	3000 – 4000	40	35 – 65	10.000 – 15.000
LEDs	2700 – 7000	70-90 <sup>+</sup>	70 – 160	40.000 – 90.000

Fonte: COPEL, 2012; MME, 2018. Adaptado pelo autor.

A partir de uma rápida análise da Tabela 4, é possível observar que a tecnologia LED leva ampla vantagem sobre as demais tecnologias, principalmente quando se leva em consideração a sua vida útil, que quando combinada a sua maior eficiência luminosa, podem compensar a diferença de custo de aquisição a médio e longo prazo.

## **2.4 Novas Tecnologias**

Atualmente, o crescente uso de luminárias LEDs em novos projetos de IP vem abrindo as portas desse mercado para novas tecnologias e tornando possível o uso das mesmas. Em um mundo cada vez mais conectado, o termo *Smart Cities*, ou simplesmente, *Cidades Inteligentes*, passou a fazer parte do cotidiano das pessoas que trabalham no ramo de IP e já vem se tornando uma tendência em alguns países. Indo ao encontro dessa tendência, serão apresentadas nesta seção, de forma breve, algumas das novas tecnologias e possibilidades para o setor de IP.

### **2.4.1 Telegestão**

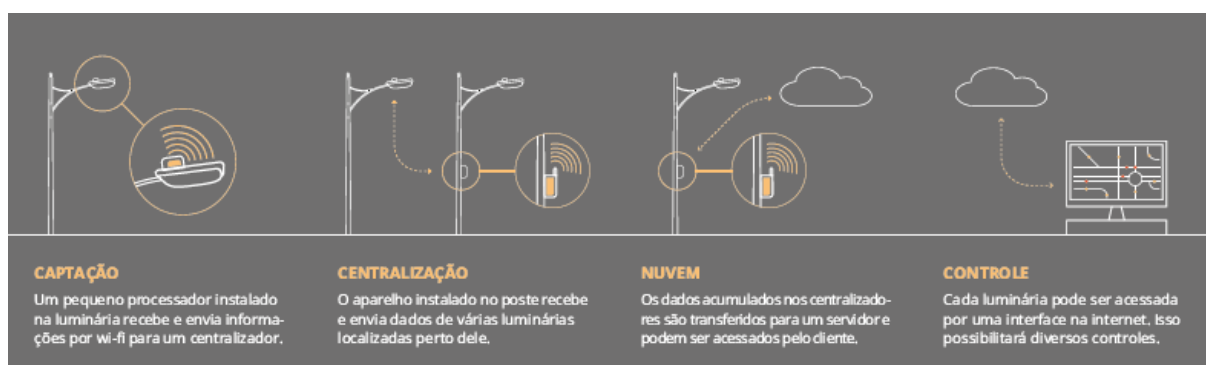
O funcionamento de um sistema de Telegestão – ou Telegestão – consiste basicamente no controle e gestão a distância dos pontos de luz, permitindo controlar o fluxo luminoso de cada ponto, a fim de reduzir o consumo de energia. Adicionalmente, por meio desse sistema torna-se possível verificar a situação em tempo real de cada ponto, como quais pontos estão apagados, por exemplo (NOGUEIRA *et al.*, 2014).

Como foi citado anteriormente, um dos princípios básicos da Telegestão se baseia na *dimerização*, ou seja, consiste em controlar o fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa. Em grande parte dos sistemas em uso atualmente a tecnologia utilizada é de lâmpadas de descarga, nas quais não é possível controlar o fluxo luminoso. Dessa forma, para que seja possível a utilização da Telegestão é necessário que estejam instaladas luminárias LED, que sejam

compatíveis com o sistema de Telegestão. Ou seja, que além de ser possível a dimerização, também sejam compatíveis com a instalação dos módulos responsáveis pela comunicação entre cada ponto de luz e as centrais.

A Figura 15 mostrada a seguir, apresenta um simples esquemático de como é feita a comunicação a partir dos pontos de luz até as centrais de controle.

Figura 15 – Esquema simplificado da comunicação em Sistema de Telegestão



Fonte: MME, 2018

Dentre todas as vantagens da utilização de um sistema de telegestão em IP empregando LEDs, é possível destacar algumas mais relevantes, tais como: redução do consumo de energia em horários de menor tráfego de veículos e pedestres, com o auxílio da dimerização, que ainda possibilita reduzir a poluição luminosa e aumentar a vida útil das luminárias; redução nos custos e melhoria no planejamento de manutenção, dado que os defeitos podem ser imediatamente identificados e possíveis falhas podem ser antecipadas através do acompanhamento em tempo real de determinados parâmetros (potência, tensão, fator de potência, etc.); elaboração do mapa contendo os pontos de luz distribuídos em determinada região (NOGUEIRA *et al.*, 2014).

Conforme citado anteriormente, a ANEEL (2010) determina que para fins de faturamento de energia elétrica em IP, seja considerado o tempo diário de 11 horas e 52 minutos de consumo, isso ainda levando em consideração que todas as luminárias estejam operando em sua potência nominal. Dessa forma, mesmo que algumas luminárias não estejam funcionando ou funcionem com potência abaixo da nominal, o valor de consumo para cálculo do faturamento será referente ao total da carga instalada multiplicado pelo tempo definido pela ANEEL. Por outro lado, em sua Resolução Normativa N° 414/2010, no Artigo 24º, em seu inciso 1º, a ANEEL (2010) define que “O tempo a ser considerado para consumo diário pode ser diferente do estabelecido no



*caput*, após estudo realizado pelo consumidor e a distribuidora junto ao Observatório Nacional, devidamente aprovado pela ANEEL.” Portanto, fica claro que o uso da telegestão seria de extrema utilidade nesse caso, permitindo, além das vantagens apresentadas anteriormente, que esse estudo seja feito com maior eficiência e fidelidade.

Por fim, Rosito (2018) sugere que a ABNT NBR 5101:2018, aborde em sua nova revisão questões referentes a telegestão e dimerização, como já acontece em algumas normas e publicações internacionais, onde esse tipo de sistema já é previsto desde que atenda a todos os requisitos normativos e que sejam conhecidos os parâmetros de circulação de veículos e pedestres no período em que a iluminação for ajustada para valores menores.

#### **2.4.2 Tunable White**

A tecnologia *Tunable White* consiste basicamente na variação da temperatura de cor da fonte luminosa simulando o ciclo diário do sol. No início e no fim do dia a luz natural apresenta uma cor mais quente, o que gera uma sensação de relaxamento. Já por volta do meio dia, a luz do sol possui uma cor mais fria, proporcionando um estado de maior atenção. Essa tecnologia tem sido testada em ambientes hospitalares, onde o paciente praticamente não tem exposição ao sol, de forma a simular o ciclo solar, visto que a luz do sol tem influência direta no ritmo circadiano, mais popularmente conhecido como relógio biológico (LUMICENTER, 2018).

De acordo com Rosito (2018), essa tecnologia tem sido uma tendência para a iluminação de interiores, apesar de já estar sendo utilizada também para a iluminação de fachadas e monumentos. Segundo ele, também seria possível utilizar a variação de temperatura de cor nas demais áreas da IP, variando-se a temperatura de cor de acordo com a época do ano ou com a temperatura, de forma a proporcionar uma sensação contrária. Outra possibilidade seria utilizar uma temperatura de cor mais alta em horários de pico, quando devido ao grande movimento de veículos e pessoas a atenção deva ser redobrada.

Pode-se dizer que a tecnologia *Tunable White* não apresenta, ainda, resultados no sentido de maior eficiência e redução do consumo de energia, mas sim no sentido de melhorar a qualidade da iluminação, proporcionando maior sensação de bem-estar e segurança.

## **2.5 Considerações Gerais**

Neste capítulo, foram apresentados conceitos a respeito de luminotécnica e de sistemas de IP, passando pelas várias tecnologias utilizadas nesses sistemas. Foram discutidos conceitos importantes relacionados aos sistemas de IP. Um ponto relevante a ser destacado é a questão de os relés serem uma das principais fontes de problemas nos sistemas de IP.

Vale destacar também, as vantagens listadas a respeito da utilização de luminárias LED em IP, que proporcionam menores custos com consumo de energia elétrica, maior eficiência e conforto nos sistemas de IP e está diretamente ligada a política de sustentabilidade. Nesse sentido, outra tecnologia que surge com força no cenário atual é a de Telegestão que permite um controle muito mais eficiente dos sistemas de iluminação público, buscando otimizar os serviços de manutenção e a operação do sistema.

### **3 ANÁLISE ECONÔMICA**

Neste capítulo é feita uma análise dos sistemas de IP sob o ponto de vista econômico. São apresentados dados de licitações de algumas cidades brasileiras, de diferentes tamanhos e características, mostrando como estão divididos os investimentos em cada área e com o objetivo de esclarecer como está sendo gasto o dinheiro público nesse setor. Também será abordado de forma breve como são realizados os contratos de licitação e a origem do montante necessário para realização desses projetos.

#### **3.1 Leis de Licitações e a COSIP**

##### **3.1.1 Lei nº 8.666/93**

Uma Licitação, é um conjunto de procedimentos administrativos para as compras ou serviços contratados pelos entes da Administração Pública. A lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993 é conhecida como a lei de licitações e estabelece “[...] normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços inclusive de publicidade, compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios” (BRASIL, 1993).

A lei nº 8.666/93, em seu Artigo 22º, define em seu texto cinco modalidades de licitação, que diferem entre si, basicamente pelas descrições a seguir:

§ 1º Concorrência é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto.

§ 2º Tomada de preços é a modalidade de licitação entre interessados devidamente cadastrados ou que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação.

§ 3º Convite é a modalidade de licitação entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de 3 (três) pela unidade administrativa, a qual afixará, em local apropriado, cópia do instrumento convocatório e o estenderá aos demais cadastrados na correspondentes especialidade que manifestarem seu interesse com antecedência de até 24 (vinte e quatro) horas da apresentação das propostas.

§ 4º Concurso é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante a instituição de prêmios ou

remuneração aos vencedores, conforme critérios constantes de edital publicado na imprensa oficial com antecedência mínima de 45 (quarenta e cinco) dias.

§ 5º Leilão é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para a venda de bens móveis inservíveis para a administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis prevista no art. 19, a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação. (BRASIL, 1993)

Além destas modalidades, a lei nº 10.520 de 17 de julho de 2002 institui a modalidade conhecida com Pregão que é uma modalidade de licitação do tipo menor preço, para aquisição de bens e de serviços comuns, qualquer que seja o valor estimado, e a disputa é feita por propostas e lances sucessivos, em sessão pública, presencial ou eletrônica (BRASIL, 2002b).

Para obras e serviços no setor de IP, as modalidades mais utilizadas tem sido a Concorrência Pública e o Pregão. A modalidade a ser adotada e as demais condições específicas de cada Licitação, são definidas pelo Edital da licitação em questão, sempre respeitando as leis supracitadas.

### **3.1.2 Lei nº 11.079/04**

As Parcerias Público-Privadas (PPPs) são contratos de prestação de obras ou serviços, não inferiores a R\$ 10 milhões, com duração mínima de 5 anos e máxima de 35 anos, firmados entre empresa privada e o governo federal, estadual ou municipal e regulamentados pela lei nº 11.079 de 30 de dezembro de 2004 que institui normas gerais para licitação e contratação de uma PPP (BRASIL, 2004).

De acordo com a lei nº 11.079/04, as parcerias podem ser de dois tipos: Concessão Patrocinada e Concessão Administrativa. Na primeira, as tarifas cobradas dos usuários não são suficientes para pagar os investimentos feitos pela empresa privada e o poder público complementa essa remuneração por meio de contribuições regulares. No caso da concessão administrativa, não há cobrança do usuário e o poder público é responsável pela remuneração integral da empresa (BRASIL, 2004).

Nos contratos firmados entre o governo e as empresas para PPPs na área de IP, é natural que a concessão seja do tipo administrativa, com o governo remunerando integralmente a empresa. Isso porque o usuário já paga a contribuição para o custeio do serviço de IP (COSIP).

### **3.1.3 Contribuição para o custeio do serviço de IP - COSIP**

A partir de 19 de dezembro de 2002, com a promulgação da Emenda Constitucional nº 39, a Constituição Federal passou a vigorar acrescida do artigo 149-A, que determina que os municípios e o Distrito Federal poderão, na forma de suas respectivas leis, instituir uma contribuição para o custeio do serviço de IP, a COSIP. Além disso, também passa a ser facultada a cobrança na fatura de consumo de energia (BRASIL, 2002a).

Desde então, foi permitido aos municípios estabelecer critérios de cobrança e isenção aos contribuintes, de forma que cada cidade apresenta diferentes maneiras de fazer essa cobrança. Segundo Junior (2015), são feitos anualmente, ou de acordo com a necessidade, decretos ou leis com reajustes dos tributos ou modificações. Existem algumas formas de cobrança mais utilizadas, tais como: valor fixo baseado em uma porcentagem do consumo residencial de energia elétrica de cada cidadão; valor fixo baseado na tarifa de IP; por tipo de medidor ou unidade fiscal. Existem também leis específicas que isentam pequenos consumidores ou consumidores rurais, por exemplo.

## **3.2 Análise econômica de licitações em IP**

Nesta seção será apresentada uma análise sobre as licitações de algumas cidades, por ordem cronológica, das mais antigas até as mais atuais, como se segue: Vitória – PPP 2015, Petrópolis – PP 2017 e Teresina – PPP 2019.

### **3.2.1 Vitória – PPP**

No início do ano de 2015, a Prefeitura Municipal de Vitória, por meio da Companhia de Desenvolvimento de Vitória (CDV), realizou um Chamamento Público ao mercado ofertando às empresas realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica para o desenvolvimento de uma PPP de revitalização do Parque de IP da cidade. Além da revitalização, o estudo deveria contemplar a implantação de um centro de controle operacional, serviço de manutenção periódica, efficientização, serviço de *Wi-fi* para internet pública de alta velocidade e implantação de tomadas para recarga de celulares e *notebooks* nos pontos de ônibus. Segundo informações da Prefeitura, a cidade apresentava na época cerca de 32.000 pontos de iluminação, distribuídos em luminárias de Vapor de Sódio, Vapor de Mercúrio, Vapor Metálico e luminárias mistas,

com carga total instalada de 6.852,825 kW e arrecadação COSIP anual de R\$ 18 milhões (CDV, 2015).

A partir da abertura do edital de Chamamento Público, algumas empresas protocolaram o estudo junto a Unidade de PPPs da Prefeitura de Vitória, baseados nas normas vigentes em IP e nos requisitos do edital, dentre elas, a empresa Vitorialuz Construções LTDA. A seguir serão apresentados e analisados alguns dados referentes ao estudo realizado na empresa Vitorialuz. Na Tabela 5, são mostrados os dados referentes a proposta de modernização do parque de IP da cidade de Vitória, com substituição total por luminárias LED.

Tabela 5 – Proposta de Modernização do Parque de IP de Vitória

Aplicação	Especificação			Quantidade	Potência Total (kW)	Custo Luminária
	Potência (W)	Fluxo Luminoso (Lm)	Temperatura de Cor (K)			
Vias públicas	89	7570	5000	5310	472,59	R\$ 1.407,60
	120	10480	4500	14885	1786,2	R\$ 1.468,80
	281	24900	5000	4405	1237,805	R\$ 2.375,33
	46	4040	5000	3610	166,06	R\$ 1.143,68
Faixa de Pedestre	120	10480	5000	2500	300	R\$ 1.468,80
Calçada	70	6100	4500	500	35	R\$ 1.100,07
Ciclovias	70	6100	4500	1667	116,69	R\$ 1.100,07
Pontos de Ônibus	110	7700	5000	1100	121	R\$ 2.122,88
Praças e Parques Públicos	150		Ajustável	300	45	R\$ 1.495,58
	70	6100	4500	255	17,85	R\$ 1.100,07
	110	7700	5000	1900	209	R\$ 2.122,88
Monumentos e Fachadas	150		Ajustável	150	22,5	R\$ 1.495,58
	110	7700	5000	79	8,69	R\$ 2.122,88
Viadutos e Pontes	150		Ajustável	92	13,8	R\$ 1.495,58
Passarelas	70	6100	4500	3	0,21	R\$ 2.122,88
<b>TOTAL</b>				<b>36756</b>	<b>4552,395</b>	

Fonte: Vitorialuz, 2015. Adaptado pelo autor.

No cenário avaliado, com substituição total do parque de iluminação por novas luminárias utilizando a tecnologia LED e de forma atender os requisitos do edital e a ABNT NBR 5101, chegou-se à conclusão que seria necessário um aumento do número de pontos de iluminação de 32.000 para 36.756, equivalente a 14,86% em relação ao instalado na época. Apesar de um aumento significativo do número de pontos houve uma redução da carga instalada de 6852,83 kW para 4552,40 kW representando uma redução de 33,57% da potência instalada e consequentemente, do consumo de energia elétrica.

Levando-se em consideração, o tempo diário de 11 horas e 52 minutos, estipulado pela ANEEL para fins de faturamento e os dados apresentados anteriormente, é possível estimar a economia anual de energia e financeira como mostrado na tabela 6:

Tabela 6 - Comparativo entre o modelo antigo e o modelo proposto – Vitória

<b>Modelo</b>	<b>Número de pontos de IP</b>	<b>Potência média por ponto (W)</b>	<b>Potência Instalada (kW)</b>	<b>Consumo Anual (MWh)</b>	<b>Gasto Anual* (R\$)</b>
Antigo	32.000	214,15	6852,83	29.690,23	8.016.361,73
Proposto	36.756	123,85	4552,40	19.723,50	5.325.345,17
<b>Variação</b>	<b>+ 4.756</b>	<b>- 90,3</b>	<b>- 2.300,43</b>	<b>- 9.966,73</b>	<b>- 2.691.016,56</b>

Fonte: Próprio autor, 2019.

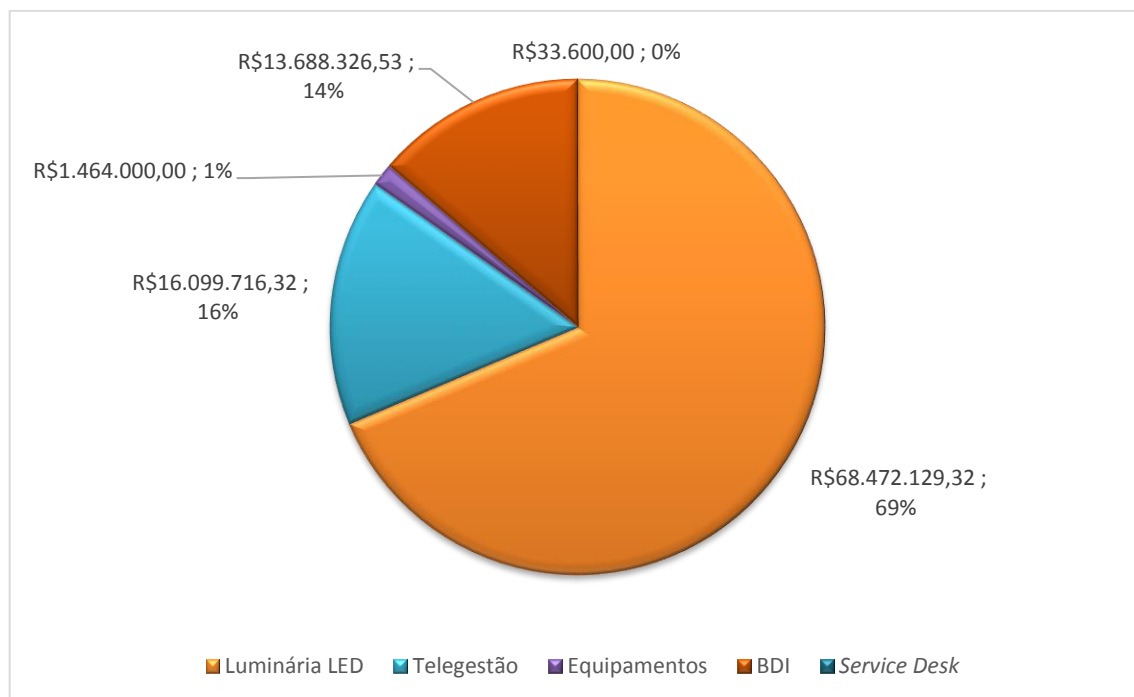
\*Nota: Com base no valor tarifa praticado no ano de 2015.

Quando se leva em consideração a potência média por ponto de iluminação a redução chega a cerca de 42,17%. Também é possível observar que há uma economia de energia da ordem de 10 GWh ao ano e de cerca de R\$ 2,7 milhões. Isso sem levar em consideração o uso da Telegestão, que também foi objeto de análise do estudo, com a qual seria possível reduzir ainda mais o consumo de energia.

Outro ponto relevante a ser destacado é o fato de que não necessariamente as instalações antigas atendiam integralmente as condições mínimas previstas pela norma. Como foi citado anteriormente, foi necessário um aumento no número de pontos o que indica que ou haviam localidades sem iluminação ou foi necessário acrescentar pontos de iluminação em determinadas regiões de forma a atender a norma. Desta forma, além de estar sendo proposto o uso de uma tecnologia mais eficiente, o novo projeto garantiria o atendimento aos requisitos previstos pela ABNT NBR 5101.

Além da troca de todas as luminárias e instalação de novos pontos de iluminação, o estudo contemplava a implantação do sistema de telegestão em todo o parque e de um serviço de *Service Desk* para atendimento de chamados da população referentes a problemas na IP. Na proposta apresentada pela empresa, os investimentos para modernização e expansão seriam realizados basicamente ao longo dos primeiros cinco anos de contrato. No Gráfico 2 estão expostos os investimentos referentes a cada setor ao longo dos primeiros cinco anos de contrato:

Gráfico 2 – Investimentos ao longo dos primeiros cinco anos de contrato



Fonte: Vitorialuz, 2015. Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que o valor apresentado como “Luminária LED” no Gráfico 2, contempla não só os gastos com a aquisição das luminárias, mas também a aquisição dos Postes e Braços, entre outros equipamentos necessários para a ampliação do sistema. O valor gasto somente com as luminárias LED corresponde a cerca de 57,8% do total dos investimentos. A Tabela 7 apresenta uma média do investimento em novas luminárias e telegestão por ponto de iluminação:

Tabela 7 – Investimento médio por ponto de iluminação na cidade de Vitória

	<b>Investimento por Ponto de Iluminação</b>
Luminárias	R\$ 1.567,61
Telegestão	R\$ 438,02

Fonte: Próprio autor

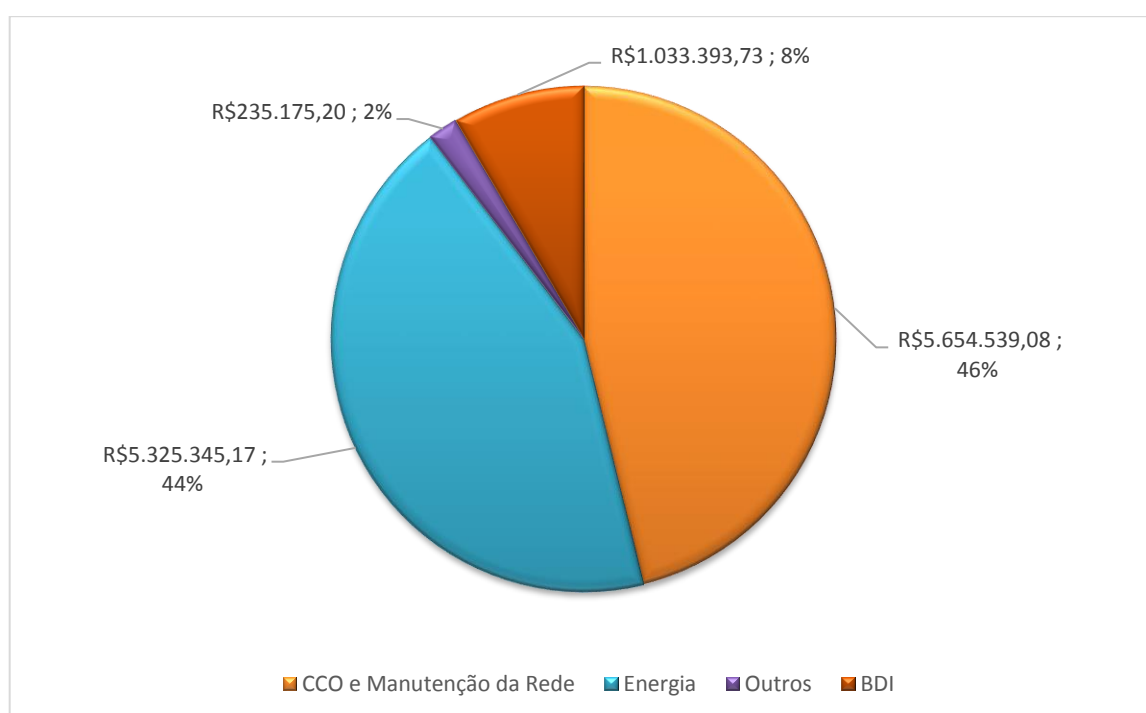
Por se tratar de um contrato a longo prazo, é importante avaliar também os custos de operação e manutenção envolvidos. Nesse caso específico, o estudo analisou os custos referentes a manutenção juntamente com os custos referentes a operação do centro de controle de operações, uma vez que os dois estão atrelados e tem sua parcela mais significativa proveniente da folha salarial. Seria interessante avaliar o custo de manutenção por número de chamados e tempo



gasto em cada manutenção, no entanto, como nesse caso a equipe de manutenção é fixa, o número de intervenções não terá um impacto tão grande no valor final.

Tendo em vista que ao final dos cinco primeiros anos todo o sistema já estaria renovado e os serviços referentes a implantação já estariam finalizados, é interessante do ponto de vista de custos operacionais, que o sexto ano de contrato seja analisado. No Gráfico 3 é mostrado o orçamento anual de operação a partir do sexto ano de contrato.

Gráfico 3 – Previsão de custo operacional anual do Sistema de IP de Vitória



Fonte: Vitorialuz, 2015. Elaborado pelo autor.

Como já era esperado, apesar da redução de mais de 30% em relação ao sistema antigo, os gastos com consumo de energia elétrica tendem a continuar representando uma significativa parcela do total gasto com a operação e manutenção do sistema. Outro dado relevante para a análise é o valor médio anual gasto com o Centro de Controle Operacional (CCO) e a manutenção da rede, por ponto de iluminação: R\$ 153,84.

Após a apresentação dos estudos pelas empresas, houve abertura de um edital para concorrência internacional com objetivo de realizar a Parceria Público-Privada. O contrato teria duração de 25 anos e valor estimado em R\$ 482.441.636,75 correspondente ao somatório das

contraprestações, sem correção por projeções inflacionárias. Devido a investigações por parte do Tribunal de Contas, a licitação foi suspensa e posteriormente cancelada.

### **3.2.2 Petrópolis – Pregão Presencial**

A cidade de Petrópolis conta com um parque de IP de 40.805 pontos (DIÁRIO DE PETRÓPOLIS, 2018). Até o ano de 2017, a maioria das luminárias utilizadas tinham como fonte de luz as lâmpadas de descarga, principalmente de vapor de sódio e de vapor metálico, não havendo luminárias do tipo LED.

No dia 04 de dezembro de 2017, a Prefeitura Municipal de Petrópolis, por meio do Departamento de Licitações, Compras e Contratos Administrativos (DELCA) tornou público que realizaria licitação na modalidade de Pregão Presencial nº 22/2017 no valor estimado de R\$ 5.950.096,73 para contratação de empresa para realização de serviços de manutenção corretiva e preventiva e melhorias no parque de IP da cidade de Petrópolis com duração de doze meses e possibilidade de ampliação (PETRÓPOLIS, 2017).

A licitação usou como critério o menor preço global da proposta. Dentre as empresas que detinham todos os pré-requisitos estabelecidos no edital, a empresa Vitorialuz Construções LTDA foi a que apresentou a menor proposta, no valor de R\$ 3.789.998,03 e após avaliação de documentação, foi declarada a vencedora da licitação (VITORIALUZ, 2017).

São apresentados a seguir alguns dados referentes a proposta vencedora, bem como uma análise econômica do orçamento previsto para as obras de melhoria do parque de iluminação e para os serviços de manutenção corretiva e preventiva. Na Tabela 8, são mostrados os dados resumidos da planilha orçamentária, agrupados por tipo do item.

É interessante notar, dentre os dados apresentados, o número de relés e lâmpadas previstos no contrato referente a 12 meses. Em ambos os casos, os itens são referentes a compras para serviços de manutenção, já que a única ampliação prevista seria utilizando luminárias LED. Ou seja, espera-se que no espaço de um ano seja necessário trocar os relés de cerca de 19,7% dos pontos e cerca de 33,3 % das lâmpadas.

Tabela 8 – Planilha Orçamentária Resumida - Petrópolis

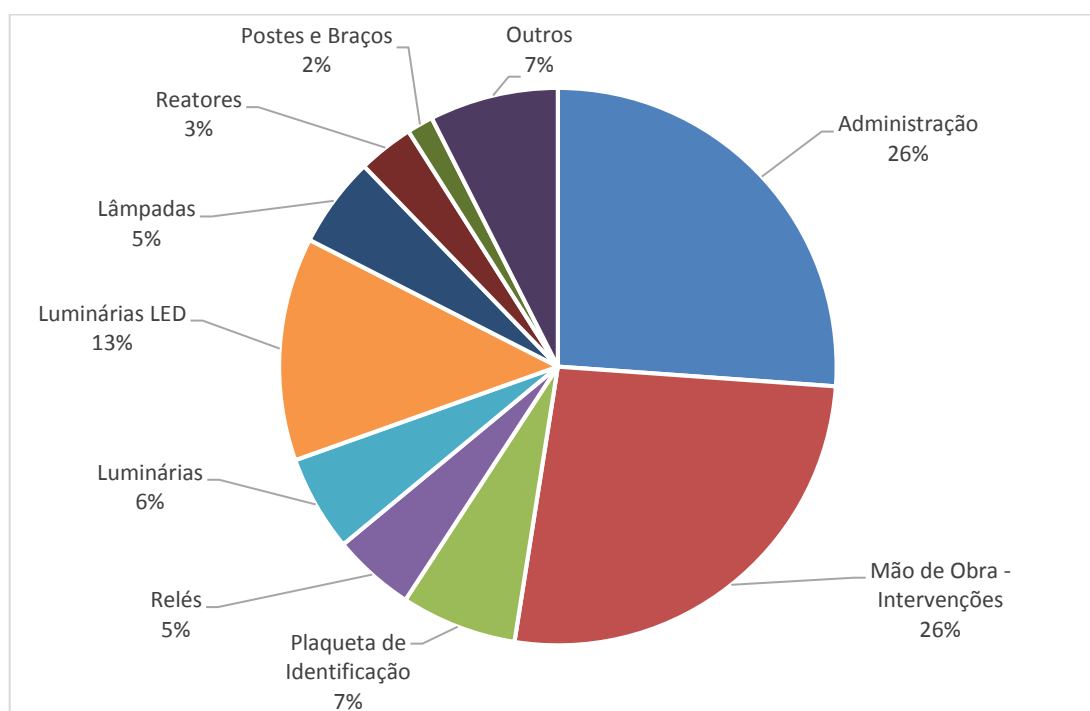
<b>Itens</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Total</b>
Administração	-	R\$ 990.300,24
Mão de Obra - Intervenções	18960	R\$ 999.082,80
Plaqueta de Identificação	40805	R\$ 254.623,20
Relés	8028	R\$ 181.111,68
Luminárias	1056	R\$ 210.892,74
Luminárias LED	391	R\$ 491.069,99
Lâmpadas	13580	R\$ 199.299,14
Reatores	6810	R\$ 122.442,00
Postes e Braços	960	R\$ 58.012,20
Outros	-	R\$ 283.164,04
<b>TOTAL</b>	-	<b>R\$ 3.789.998,03</b>

Fonte: VITORIALUZ, 2017. Elaborado pelo Autor.

Estão previstas também, 18960 intervenções, que se caracterizam, em sua absoluta maioria por intervenções de manutenção. Isso indica que são esperadas cerca de 75 intervenções por dia, considerando-se apenas os dias úteis. Na tabela também estão apresentadas 40805 plaquetas de identificação, que são responsáveis por orientar o mapeamento dos postes e facilitar os pedidos de manutenção por parte da população.

A partir da análise do Gráfico 4, fica claro que uma grande parte do orçamento dessa licitação foi destinado para os custos de administração da obra e manutenção. Somados esses itens correspondem a cerca de 52% do valor total do contrato. Além disso, boa parte dos outros itens comprados, como relés, lâmpadas e reatores, são destinados a substituição de equipamentos danificados. Outro dado interessante é acerca da porcentagem referente a compra de luminárias LED, cerca de 13% do total para a compra de apenas 391 luminárias.

Gráfico 4 – Divisão do Orçamento por tipo de item



Fonte: VITORIALUZ, 2017. Elaborado pelo autor.

Com base no gráfico e avaliando-se todos os itens do orçamento, conclui-se que o gasto total com manutenção é de cerca de 75% do orçamento total, ou seja, o equivalente a aproximadamente R\$ 2.842.500,00. A partir desses dados, pode-se estimar o custo de manutenção anual por ponto de iluminação, como mostrado na Tabela 9:

Tabela 9 – Custo estimado de manutenção por ponto de iluminação na cidade de Petrópolis em 2018

Número de Pontos	Custo Anual de Manutenção (R\$)	Custo anual por ponto (R\$)
40805	2.842.500,00	69,66

Fonte: Próprio autor, 2019.

Segundo dados do Diário de Petrópolis (2018), em agosto de 2018 o número de pontos de iluminação funcionando na cidade de Petrópolis passava de 99% do total instalado. Somente 372 pontos ainda apresentavam pendência de manutenção corretiva, com base nas solicitações protocoladas pela população, representando apenas 0,93% do total de pontos.

### 3.2.3 Teresina – PPP

Durante o ano de 2018 foram realizados estudos para analisar a viabilidade de uma Parceria Público-Privada para modernização do parque de IP da cidade de Teresina, capital do Piauí.

Com o resultado dos estudos em mãos, a Prefeitura Municipal de Teresina abriu, em fevereiro de 2019, uma consulta pública para permitir a participação da população no processo licitatório e posteriormente, no dia 11 de abril de 2019, lançou no Diário Oficial do município o aviso de resposta sobre a consulta pública. Por fim, no dia 02 de maio, o prefeito Firmino Filho assinou a autorização para início do processo licitatório da PPP de IP (PORTAL O DIA, 2019).

Segundo dados da prefeitura de Teresina (2019), a cidade conta com cerca de 92 mil pontos de iluminação. A PPP tem como objetivo a prestação de serviços de iluminação pública, onde se inclui, além dos serviços básicos de implantação, manutenção e operação do sistema, a modernização, eficientização e ampliação da rede municipal de IP. A concessão terá prazo de 20 anos e valor estimado do contrato de R\$ 775.692.500,00 equivalente ao somatório dos pagamentos mensais de contraprestação, sem correção inflacionária.

Da mesma forma que foi feito para a PPP de Vitória, aqui são apresentados e analisados dados com base nos estudos divulgados pela prefeitura municipal de Teresina. Em 2017, ano base da realização do estudo, Teresina apresentava um total de 87.079 pontos de luz, onde 88% eram de vapor de sódio, 10% de multivapor metálico e apenas 2% de LED. A carga instalada era de 13,7 MW e o consumo de energia de cerca de 59,8 GWh ao ano.

Os estudos apontaram que para a adequação do parque às normas vigentes, além da modernização dos pontos já existentes com a substituição por luminárias LED, seria necessária a instalação de novos pontos para correção de pontos escuros e também para expansão do sistema. A Tabela 10 a seguir, apresenta um resumo com o número de luminárias LED a serem instaladas nos dois primeiros anos de contrato.

Tabela 10 – Luminárias LED a serem instaladas ao longo dos dois primeiros anos

	<b>Remodelação</b>	<b>Correção de Pontos Escuros</b>	<b>Expansões</b>	<b>Total</b>
<b>Nº de Pontos</b>	87.079	8.708	1.190	96.977

Fonte: TERESINA, 2019. Adaptado pelo autor.

Tendo isso em vista, foram dimensionadas as luminárias para atender às necessidades apresentadas pelo sistema de iluminação da cidade. A Tabela 11 traz um resumo com a relação total das luminárias a serem instaladas.

Tabela 11 – Relação total das Luminárias

Potência LED	# de pontos	% do total
40 W	27.809	29%
58 W	44.402	46%
76 W	8.498	9%
86 W	2.042	2%
117 W	4.682	5%
129 W	3.868	4%
144 W	1.713	2%
153 W	1.867	2%
211 W	653	1%
232 W	828	1%
300 W	614	1%
<b>Total</b>	<b>96.977</b>	<b>100%</b>

Fonte: TERESINA, 2019.

Uma das conclusões importantes que se pode tirar a partir dos dados da Tabela 11 é que cerca de 75% dos pontos utilizam as luminárias de menor potência. A partir desses dados, foi feita uma estimativa do consumo de energia do novo sistema, levando em conta apenas os pontos já existentes. Para a estimativa, foi considerado um consumo durante 365 dias e com uso diário de 11h52m, como determina a resolução 414 da ANEEL. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 – Consumo previsto dos pontos existentes após a substituição por LED

Luminária LED	Número de pontos	kWh
40 W	24.970	4.326.101
58 W	39.871	10.016.337
76 W	7.631	2.511.837
86 W	1.833	682.937
117 W	4.205	2.130.932
129 W	3.473	1.940.752
144 W	1.537	958.850
153 W	1.677	1.111.460
211 W	586	535.689
232 W	744	747.598
300 W	551	715.969
<b>Total</b>	<b>87.079</b>	<b>25.678.461</b>

Fonte: TERESINA, 2019.

O consumo médio de energia por ponto de iluminação é de 295 kWh por ano. É relevante nesse caso avaliar o consumo de energia do sistema atual.

A Tabela 13, apresenta o consumo do parque atual por tipo de luminária e potência. Além disso, leva em consideração as perdas no reator.

Tabela 13 – Consumo de energia do parque de Teresina em 2017

Tipo da luminária	Potência (W)	Perda reator e rede (W)	Potência total (W)	Consumo (kWh)
Sódio	400	54	454	8.046.612
Sódio	250	37	287	12.556.479
Sódio	150	26	176	4.144.705
Sódio	70	15	85	20.882.224
Metálica	2000	130	2130	544.319
Metálica	1000	65	1065	2.204.952
Metálica	400	27	427	5.123.058
Metálica	250	25	275	2.478.714
Metálica	150	22	172	2.666.317
Metálica	100	22	122	35.933
LED	306	0	306	137.840
LED	300	0	300	18.192
LED	252	0	252	303.436
LED	210	0	210	27.287
LED	85	0	85	172.669
LED	60	0	60	5.977
LED	50	0	50	34.651
Outras				374.439
<b>Total</b>				<b>59.757.803</b>

Fonte: TERESINA, 2019.

A tabela mostra que uma grande parte do consumo atual é proveniente de luminárias de vapor de sódio de 70 e 250 W. Em ambos os casos, a potência perdida nos reatores representa uma parcela significativa do valor total da potência da luminária. É importante destacar que com o uso de LEDs, não há a necessidade do uso de reatores e consequentemente não há perda devido ao uso dos mesmos, apenas uma perda nos *drivers* de cerca de 0,5% da potência da luminária. O consumo médio de energia por ponto no sistema atual é de cerca de 686,25 kWh. Dessa forma, quando se leva em consideração apenas a substituição dos pontos já existentes por luminárias LED, há uma redução no consumo de 391,25 kWh por ponto, equivalente a cerca de 57% do consumo atual.

Mesmo com um aumento expressivo do número de pontos de iluminação, ainda houve uma redução considerável da carga instalada e do consumo de energia. A Tabela 14 traz um comparativo entre o sistema atual e o sistema proposto, já considerando a expansão do sistema e o aumento devido a correção dos pontos escuros.

Tabela 14 – Comparativo entre modelo antigo e modelo proposto - Teresina

<b>Modelo</b>	<b>Número de pontos de IP</b>	<b>Potência média por ponto (W)</b>	<b>Potência Instalada (kW)</b>	<b>Consumo Anual (MWh)</b>	<b>Gasto Anual (em milhões de R\$)</b>
Antigo	87.079	157,33	13.700	59.757,80	26
Proposto	96.977	68	6.594,44	28.597,25	12,43
<b>Varição</b>	<b>9.898</b>	<b>- 89,33</b>	<b>- 7.105,56</b>	<b>- 31.160,55</b>	<b>- 13,57</b>

Fonte: TERESINA, 2019. Elaborado pelo autor.

A partir dos dados, conclui-se que a substituição do sistema atual pelo modelo proposto possibilitaria uma redução de 56,8% da potência média por ponto em relação ao modelo atual. A carga total instalada caiu quase pela metade, apesar do aumento de mais de 11% no número de pontos. Além disso, observa-se uma redução anual de mais de 31 GWh no consumo de energia e consequentemente uma redução no gasto com energia de cerca de R\$ 13,6 milhões por ano. É importante salientar que a expectativa de arrecadação com a COSIP em 2018 era de cerca de R\$ 59 milhões para a cidade de Teresina.

Levando-se em consideração o aumento no número de pontos de IP, é fundamental destacar que, segundo os estudos apresentados pela prefeitura de Teresina (2019), apenas 12% do parque atende aos critérios da norma ABNT NBR 5101:2018. Esse número não só reforça a necessidade da revitalização do parque de Teresina, mas também aponta a importância da realização desse tipo de estudo nas demais cidades brasileiras.

Assim como era previsto inicialmente na PPP de Vitória, a licitação de Teresina prevê a implantação da tecnologia de telegestão, entretanto, diferente da primeira proposta, aqui não há a intenção de fazer uso dessa tecnologia em todo o parque, mas sim em algumas regiões selecionadas.



Na Tabela 15 estão apresentados os custos de investimento previstos para o 1º ciclo do contrato, que corresponde aos primeiros 10 anos. É considerado aqui também, o crescimento do sistema, que projeta algo em torno de mil novos pontos por ano.

Tabela 15 – Plano de investimentos ao longo do 1º Ciclo

	1º Ciclo		
	Qtde.	Valor unitário médio (R\$)	Valor (R\$ MM)
LED	107.213	632	67,7
Efeito redução preço LED	-	-	-1,3
Telegestão equipamentos	30.529	405	12,4
Telegestão - Setup	-		0,1
Braços de luminárias	102.493	120	12,3
Postes intermediários	5.519	1.063	5,9
Postes com vão de rede	3.950	2.448	9,7
Postes praças e parques	429	700	0,3
Relés	259.868	20	5,2
Materiais/Ativos de Montagem	107.213	43	4,6
Mão de Obra	26 pessoas	-	2,6
Frota	12 veículos	-	2,9
Iluminação de Destaque	16 pontos	-	4,7
SPE	-	-	10,9
Ambiental	-	-	0,2
<b>Total</b>			<b>138,2</b>

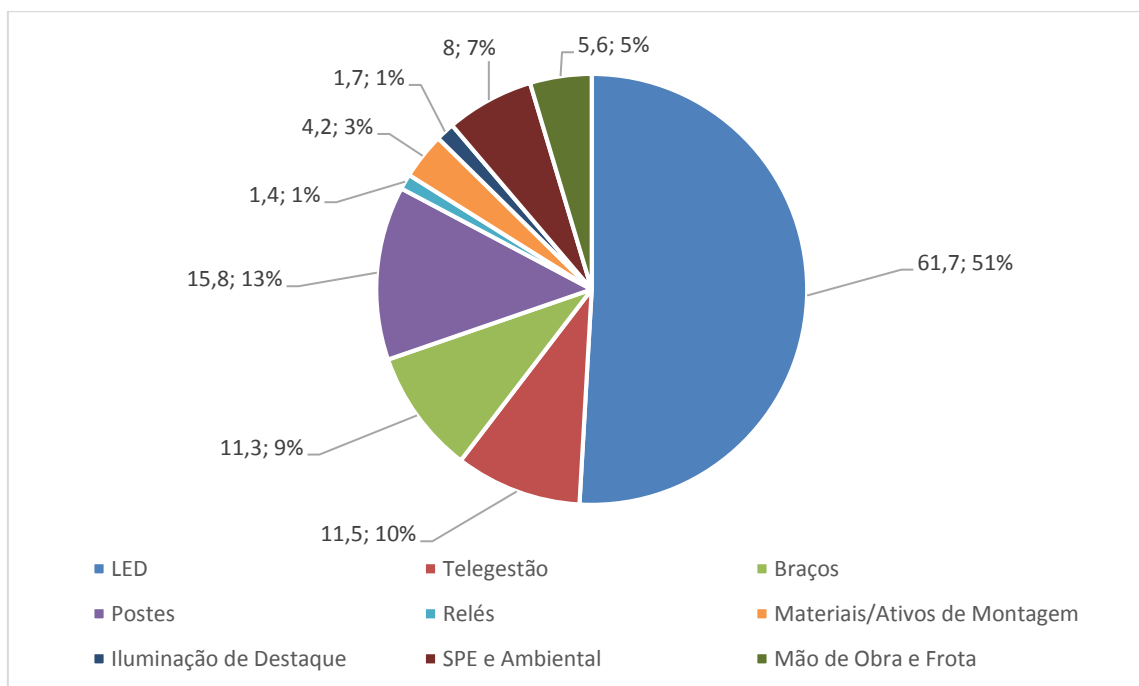
Fonte: TERESINA, 2019

Parte dos custos refere-se à constituição de uma Sociedade de Propósito Específico (SPE), que basicamente representa a empresa responsável por administrar o contrato da PPP. Para isso, alguns custos são representados sob a forma de investimento, tais como: reembolso de estudo, compra de veículos e a própria constituição da SPE e do CCO. O Item “efeito redução preço LED” corresponde a projeção de economia na compra de luminárias LED com base na redução do preço dessa tecnologia ao longo dos anos.

Do total de R\$ 138,2 milhões previstos para o primeiro ciclo, cerca de R\$ 121,2 milhões são reservados para os gastos ao longo dos dois primeiros anos de contrato. Isso acontece, porque o planejamento prevê que toda a remodelação do parque, bem como as expansões e correções dos pontos escuros, seja feita já no início do contrato, restando para os 8 anos seguintes, apenas os gastos com o crescimento do sistema de IP.

O Gráfico 5 apresenta a divisão dos investimentos por cada área ao longo dos dois primeiros anos. Somente o custo para aquisição das novas luminárias LED já equivale a 51% do total, cerca de R\$ 61,7 milhões. O custo com a telegestão nesse caso equivale a 10% do total.

Gráfico 5 – Investimentos em Teresina ao longo dos dois primeiros anos de contrato – em Milhões



Fonte: TERESINA, 2019. Elaborado pelo autor.

Tendo em vista o prazo que o projeto estipula para a substituição de todas as luminárias convencionais por LED, o estudo faz uma previsão dos custos de manutenção e operação para os três primeiros anos de contrato, como mostrado na Tabela 16:

Tabela 16 – Projeção de custos operacionais anuais do sistema proposto

<i>R\$ MM / ano</i>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3+</b>
Pessoal Campo	1,37	1,16	1,16
Despesa com frota	0,25	0,05	0,05
Equipamentos de Segurança	0,07	0,06	0,03
CCO - Pessoal	0,88	0,88	0,88
CCO - Software	0,48	0,48	0,48
Ilum. Destaque - Projeto e Treinamentos	0,03	0,00	0,01
Telegestão - Gestão e Operação	0,34	0,36	0,36
Telegestão - Falha	0,04	0,13	0,18
Telegestão - Call Center, Internet, Alarme e Telecom	0,42	0,43	0,43
Telegestão - Softwares e Concentradores	0,13	0,39	0,52
Luminárias LED - Falha	0,26	0,72	0,95
Materiais/Ativos de Montagem	0,02	0,05	0,06
Vandalismo	0,10	0,28	0,37
Luminárias Sódio - Manutenção	6,27	2,09	0,00
Falha braços	0,01	0,01	0,01
Gestão Ambiental	0,02	0,02	0,05
<b>Total</b>	<b>10,67</b>	<b>7,11</b>	<b>5,55</b>

Fonte: TERESINA, 2019.

Dado que os investimentos principais serão realizados logo nos dois anos iniciais de contrato, o estudo aponta que a partir do terceiro ano os custos de operação e manutenção não apresentem uma variação significativa. Há um aumento de gasto em alguns setores, mas que são compensados pela redução em outros.

Como mostrado na Tabela 16, do total de R\$ 10,67 milhões estimados para os custos operacionais no primeiro ano, cerca de R\$ 6,27 milhões (58,8%) do orçamento é destinado para a manutenção de luminárias de vapor de sódio. Dessa forma, após a troca completa do parque de iluminação, a previsão é de que haja uma redução de quase 50% nos custos operacionais e de manutenção.

A partir do terceiro ano, existe a expectativa de se gastar cerca de R\$ 1,49 milhões por ano com a operação e manutenção do sistema de telegestão. Considerando que para esse período é esperado que cerca de 27.629 pontos já estejam operando com essa tecnologia, o custo médio anual, por ponto, é de cerca de R\$ 53,93. Não foi apresentado no estudo uma avaliação a respeito do retorno econômico do uso da Telegestão.

### 3.3 Considerações Gerais

Neste capítulo foram avaliadas licitações recentes das cidades de Vitória – ES, Petrópolis – RJ e Teresina – PI. A análise teve como foco os investimentos no sistema de IP e o possível retorno a longo prazo, avaliando a redução no consumo de energia e os custos unitários em cada área.

No caso das licitações de Vitória e Petrópolis, as semelhanças são grandes, dado que em ambas foram realizadas PPPs no intuito de revitalizar completamente os seus respectivos parques de IP, com a substituição de todo o sistema antigo por novas luminárias LED, uso de telegestão e adequação do sistema à ABNT NBR 5101:2018. Já para o caso de Petrópolis, a licitação teve como objetivo realizar os serviços de manutenção do sistema durante um ano, com a substituição pontual da iluminação convencional por iluminação LED.

A Tabela 17 a seguir, traz um resumo dos principais pontos de comparação entre as licitações analisadas.

Tabela 17 – Comparativo entre as licitações apresentadas

<b>Cidade/Ano Base</b>	<b>Vitória 2015</b>	<b>Petrópolis 2017</b>	<b>Teresina 2018</b>
<b>Nº de Pontos de IP (após revitalização)</b>	36.756	40.805	99.017
<b>Nº de Pontos de IP com uso de Telegestão</b>	36.756	-	27.629
<b>Potência média por ponto (W)</b>	123,85	-	68
<b>Consumo anual (GWh)</b>	19,72	-	28,6
<b>Consumo anual (em MM R\$)</b>	5,33	-	12,43
<b>Arrecadação Anual – COSIP (em MM R\$)</b>	18	-	59
<b>Custo de Revitalização por ponto (R\$)</b>	1.567,61	-	815
<b>Custo de Implantação da Telegestão por ponto (R\$)</b>	438,02	-	405
<b>Custo anual de operação/manutenção do sistema por ponto (R\$)</b>	31,54	69,66	26,56
<b>Custo anual com CCO e Operação da Telegestão por ponto (R\$)</b>	122,30	-	103,15

Fonte: Próprio autor, 2019.

Alguns pontos necessitam de maior destaque na análise da tabela. Primeiramente, apesar da cidade de Teresina apresentar um número muito maior de pontos de iluminação quando comparada com Vitória, a diferença no consumo de energia e consequentemente na carga

instalada não é tão grande. Isso se dá, pois, a cidade de Vitória tem uma potência média por ponto equivalente a quase o dobro da apresentada em Teresina, o que indica, numa análise rasa, que a cidade de Vitória apresenta uma maior concentração de iluminação em vias de maior porte e circulação, enquanto Teresina tem por característica uma iluminação mais dividida entre vias de menor fluxo e largura.

Outro dado a ser destacado, é a redução dos custos para a revitalização do parque de IP entre as cidades. Dois fatores podem ajudar a justificar essa diferença: o primeiro é a diminuição dos custos da tecnologia LED ao longo dos últimos anos; a segunda é a notável diferença entre o número de pontos de iluminação, o que ajudaria a reduzir os custos de aquisição e a diluir os custos operacionais.

## 4 ESTUDO DE CASO

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) possui quatro campi universitários, são eles: Goiabeiras, Maruípe, Alegre e São Mateus. O campus de Goiabeiras é o principal campus, concentra a maior parte dos cursos de graduação e pós-graduação, os centros de ensino, laboratórios e projetos de extensão. Diariamente cerca de 25 mil pessoas, entre estudantes, professores e visitantes, circulam pelo campus (UFES, 2019a).

Tendo isso em vista e levando em consideração o grande volume de veículos que passam pelo campus todos os dias, é de extrema importância que o sistema viário tenha uma iluminação adequada. No entanto, o cenário atual não é condizente com essa necessidade. O sistema de iluminação instalado é antigo, apresenta problemas de manutenção e também é muito ineficiente.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo apresentar o sistema atual e propor uma solução mais moderna e eficiente para o sistema de iluminação do anel viário do campus de Goiabeiras, com foco nos custos de instalação e na viabilidade econômica do mesmo, quando avaliado no horizonte a longo prazo.

### 4.1 Modelo Atual

Um levantamento realizado por Engenheiros Eletricistas, Arquitetos e estudantes na prefeitura universitária da UFES (2019b), forneceu dados a respeito do parque de iluminação do campus Goiabeiras. Foram mapeados o número de pontos, a altura dos postes e a potência instalada. A Tabela 18 fornecida pelos servidores da prefeitura universitária, traz um resumo do levantamento em relação as vias motorizadas, o que inclui o anel viário e também os estacionamentos.

Tabela 18 – Resumo do sistema de Iluminação do anel viário e estacionamentos

<b>Altura de montagem</b>	<b>7 m</b>	<b>12 m</b>	<b>Projetores</b>	<b>Potência total instalada (kW)</b>
<b>Nº total de luminárias</b>	207	28	123	
<b>Potência por luminária (W)</b>	250	250	400	
<b>Potência instalada por tipo (kW)</b>	51,75	7,00	49,20	

Fonte: UFES, 2019b.

O anel viário do campus de Goiabeiras tem cerca de 3,52 km de extensão e os dados referentes ao sistema de iluminação são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Característica do sistema de iluminação do anel viário da UFES

<b>Altura de Montagem</b>	<b>Nº total de Luminárias</b>	<b>Potência por Luminária</b>	<b>Potência Total Instalada</b>
7m	128	250W	32 kW

Fonte: UFES, 2019b. Elaborado pelo autor.

Além disso, a maioria das luminárias utiliza lâmpadas do tipo vapor de sódio, que apresentam uma perda no reator, para luminárias de 250 W, de cerca de 37W por reator (TERESINA, 2019). Levando isso em consideração e tomando por base um funcionamento diário de 11h52m como definido na resolução 414 da ANEEL, é possível estimar o consumo de energia anual do atual sistema de iluminação, como apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Consumo anual de energia com iluminação do anel viário

<b>Potência por ponto (W)</b>	<b>Nº de Pontos</b>	<b>Potência Total (kW)</b>	<b>Tempo de Funcionamento Anual (h)</b>	<b>Consumo Anual (kWh)</b>
287	128	36,74	4332,55	159.160,57

Fonte: Próprio autor, 2019.

Ainda em relação as condições do sistema de iluminação atual, foi verificado que cerca de 14% das luminárias estão queimadas. Muitas apresentam um mau estado de preservação, pois estão sujas ou com o difusor opaco. Há também o problema em relação ao acionamento das mesmas: algumas demoram demais para acender e outras acendem muito cedo, o que indica mau funcionamento do relé, que pode estar atuando com níveis de iluminância muito baixos ou muito altos em alguns casos.

## 4.2 Modelo Proposto

A partir do levantamento realizado são definidas condições para a avaliação do novo projeto. Em relação a classificação da via, a partir de uma consulta aos dados do Quadro 2, pode-se inferir que o anel viário da UFES se enquadra na categoria V5. No entanto, com o objetivo de se ter uma maior margem de projeto, foi adotada a categoria V4 como referência que estabelece uma iluminância média mínima de 10 lux e um fator de uniformidade mínimo de 0,2.

O primeiro passo a partir da definição dos níveis mínimo de iluminância e de fator de uniformidade é escolher qual a luminária mais adequada para a simulação do novo sistema de iluminação. A escolha foi feita de forma a atender os requisitos da ABNT NBR 5101:2018 sem que houvesse a necessidade de serem instalados novos postes. Para o caso específico do anel viário, é possível atender aos requisitos da norma sem que houvesse a necessidade de alterar as características do parque de iluminação, como altura de montagem, número de pontos e distância entre os postes. Com base nisso, a luminária escolhida é a Luminária Ares Midi de 120W da Ilumatic (UFES, 2019b). O Quadro 5 apresenta os dados referentes a luminária selecionada.

Quadro 5 – Especificações da luminária escolhida

<b>Potência (W)</b>	119,4
<b>Alimentação (V)</b>	120 +/- 10%
<b>Fluxo Luminoso (Lm)</b>	13.570
<b>IRC (%)</b>	>70
<b>Temperatura de Cor (K)</b>	4000 – 5000
<b>Vida Útil (h)</b>	70.000
<b>Fator de Potência</b>	0,95
<b>THD</b>	<20%
<b>Altura de Instalação (m)</b>	6 – 10

Fonte: ILUMATIC, 2019. Elaborado pelo autor.

Em relação às características da luminária, é importante destacar que a vida útil equivale a cerca de 16 anos de operação. Além disso, essa luminária é compatível com o uso da telegestão, dessa forma, há a possibilidade da implementação dessa tecnologia futuramente.

Com os parâmetros definidos e a luminária selecionada, são realizadas simulações pela prefeitura universitária, utilizando o software *Dialux* afim de verificar a viabilidade técnica da solução proposta e o atendimento aos requisitos das normas. Os resultados apontaram para uma iluminância média mínima de 18 lux e um fator de uniformidade mínimo de 0,293, ambos acima dos valores definidos pela norma para esse tipo de via, 10 lux e 0,2, respectivamente. A tabela 20 traz dados da simulação feita através do *Dialux*, apresentando a malha de pontos de um determinado trecho, com os níveis de iluminância de cada ponto avaliado.



Tabela 20 – Simulação da malha de pontos de um trecho realizada no *Dialux*

6.650	31	21	14	11	8.79	8.22	7.78	7.12	7.87	8.51	9.09	11	14	21	29	37	37
5.950	37	25	16	12	9.70	8.73	8.13	7.33	8.11	8.91	9.94	13	16	24	35	46	46
5.250	43	28	18	14	11	9.23	8.36	7.40	8.22	9.32	11	14	18	27	40	53	55
4.550	47	30	20	15	12	9.71	8.55	7.47	8.35	9.67	12	14	20	29	45	60	61
3.850	50	32	21	15	12	10	8.71	7.51	8.49	9.93	12	15	21	31	47	64	66
3.150	51	33	22	15	12	10	8.71	7.46	8.47	10	12	15	21	31	48	65	67
2.450	49	31	20	15	11	10	8.54	7.34	8.29	9.90	11	14	20	29	46	62	64
1.750	43	27	18	13	11	9.46	8.25	7.16	7.97	9.27	11	13	17	26	40	54	56
1.050	35	23	15	11	9.61	8.79	7.78	6.79	7.50	8.56	9.52	11	14	22	33	43	45
0.350	29	19	12	9.39	8.39	7.99	7.13	6.24	6.83	7.71	8.28	9.22	12	18	27	34	36
m	1.176	3.529	5.882	8.235	10.588	12.941	15.294	17.647	20.000	22.353	24.706	27.059	29.412	31.765	34.118	36.471	38.824

Fonte: UFES, 2019b.

Dessa forma, tendo todos os requisitos de projeto sido atendidos, o Quadro 6 traz um resumo da proposta para o novo sistema de iluminação do anel viário.

Quadro 6 - Característica do sistema de iluminação proposto do anel viário da UFES

Altura de Montagem	Nº total de Luminárias	Potência por Luminária	Potência Total Instalada
7m	128	119,7W	15,32 kW

Fonte: Fonte: UFES, 2019b. Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que, na metodologia utilizada como base para as simulações, primeiro é escolhida a luminária e em seguida com base nos resultados, é avaliado se o sistema atenderia aos requisitos da norma. A análise dos resultados mostra que os critérios foram atendidos com folga, dessa forma, pode-se dizer que se as simulações fossem realizadas buscando a luminária de menor potência que atendesse os requisitos, o valor final da potência instalada seria ainda menor.

Da mesma forma que é feito para o modelo antigo, a Tabela 21 apresenta uma estimativa do novo consumo de energia com a utilização do sistema proposto.

Tabela 21 – Estimativa de consumo anual de energia com iluminação do anel viário no modelo proposto

Potência por ponto (W)	Nº de Pontos	Potência Total (kW)	Tempo de Funcionamento Anual (h)	Consumo Anual (kWh)
119,7	128	15,32	4332,55	66.547,97

Fonte: Próprio autor, 2019.

### 4.3 Viabilidade Econômica

Com base nos modelos apresentados, é feita uma análise de viabilidade econômica da implantação do modelo proposto em substituição ao modelo atual. A metodologia consistirá em avaliar o custo anual com consumo de energia de cada um dos sistemas, o custo inicial para a substituição do sistema por luminárias LED e a diferença nos custos de manutenção entre os dois sistemas.

A UFES, campus de Goiabeiras, é atendida numa tensão de 34,5 kV, sendo assim um consumidor classificado como A3a e pertencente a modalidade tarifária verde. Com base na Resolução Homologatória nº 2.432 da ANEEL de 7 de agosto de 2018, a tarifa de energia para esta classe é de R\$ 1,7616 no período de ponta (18:00 às 21:00) e de R\$ 0,37029 (restante do dia) no período fora ponta (ANEEL, 2018). Com base nesses valores e na incidência de impostos a tarifa por kWh da UFES é de 2,20963 R\$/kWh no horário de ponta e de 0,46447 R\$/kWh no horário fora ponta (UFES, 2019b). A partir desses dados e do horário de funcionamento do sistema de iluminação, o custo do kWh desse sistema para a UFES é de aproximadamente R\$ 0,90.

A partir dos dados apresentados, pode-se estimar os custos anuais de energia com cada sistema, como mostrado na Tabela 22.

Tabela 22 – Comparação entre custos modelo atual x modelo proposto

	<b>Consumo Anual (kWh)</b>	<b>Custo Anual (R\$)</b>
<b>Modelo Atual</b>	159.160,57	143.244,50
<b>Modelo Proposto</b>	66.547,97	59.893,17

Fonte: Próprio autor, 2019.

Pode-se observar que há uma redução de mais de R\$ 80 mil no custo com consumo de energia elétrica. A partir daí, é necessário avaliar os custos de aquisição e instalação das novas luminárias LED. A luminária selecionada, Ares Midi de 120 W da Ilumatic, tem custo de mercado, segundo consulta com revendedores, de cerca de R\$ 1.429,28. Adicionalmente, com base na composição de custo da proposta feita pela Vitorialuz (2017), o custo médio para substituição de luminária convencional por luminária LED em poste de 7 metros, incluindo mão de obra equipamentos, é de cerca de R\$ 52,66, baseado numa licitação com número mais

elevados de pontos, totalizando R\$ 1.482,00 por ponto de iluminação. A Tabela 23 a seguir traz um resumo dos custos de aquisição e instalação do novo sistema.

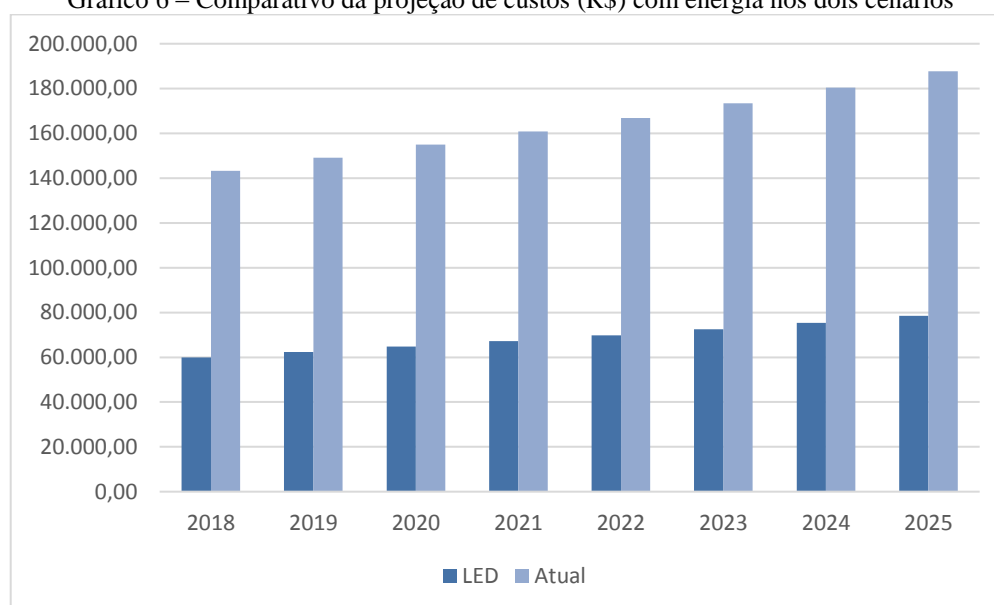
Tabela 23 – Custo total da implantação do novo sistema

	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Aquisição	1.429,28	182.947,84
Instalação	52,66	6.740,48
<b>TOTAL</b>	<b>1.481,94</b>	<b>189.688,32</b>

Fonte: Próprio autor, 2019.

No Gráfico 6, é mostrada uma projeção dos custos com consumo de energia para os dois sistemas, levando em consideração um reajuste de acordo com a inflação anual, com base no relatório apresentado no estudo realizado na cidade de Teresina (2019). Entretanto, é muito comum que os ajustes anuais nas tarifas de energia elétrica, sejam maiores do que a inflação, o que traria um impacto ainda maior nos custos a longo prazo.

Gráfico 6 – Comparativo da projeção de custos (R\$) com energia nos dois cenários



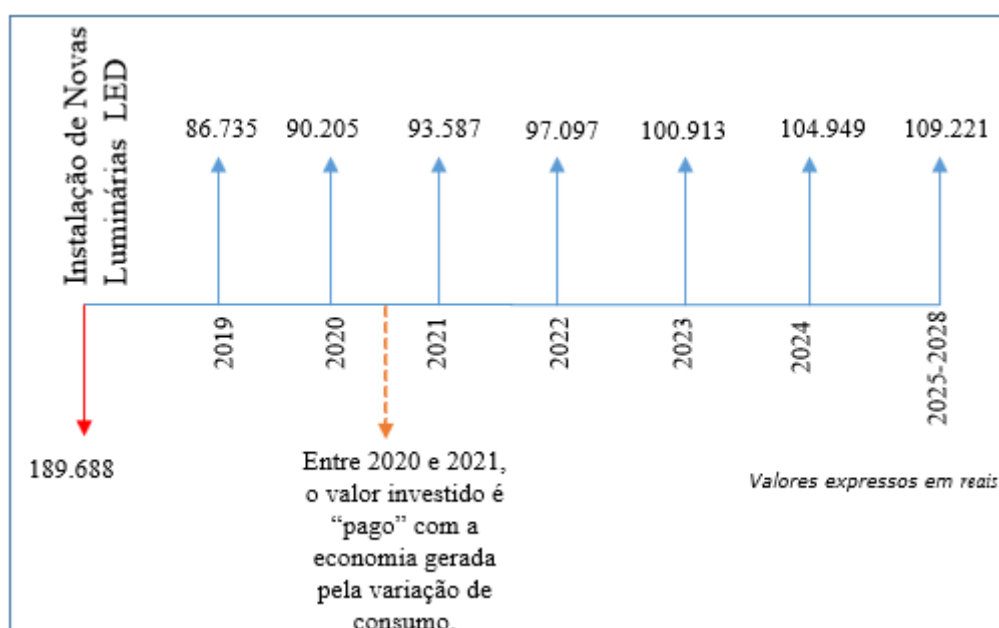
Fonte: Próprio autor, 2019.

Com base na projeção apresentada no Gráfico 6, pode-se perceber que com o passar dos anos, a diferença de custos passa a ser mais do que R\$ 100 mil. Essa projeção não leva em conta ainda os custos de manutenção das luminárias de vapor de sódio, que tem vida útil muito menor que as luminárias LED.

Sabendo que as lâmpadas de vapor de sódio têm vida útil estimada entre 4 e 6 anos e que segundo o fabricante a luminária LED adotada tem vida útil de cerca de 16 anos, pode-se afirmar que até a primeira substituição das luminárias LED, serão realizadas, no mínimo, duas trocas das lâmpadas de vapor de sódio. O custo unitário da substituição dessa luminária, gira em torno de R\$ 70,00 levando-se em consideração a mão de obra e o custo de aquisição das lâmpadas. Dessa forma, o custo de substituição de todas as lâmpadas, seria de cerca de R\$ 8.500. Isso sem levar em consideração os custos com relés, reatores e com as próprias luminárias, que tornariam a manutenção desse sistema ainda mais cara quando comparada com o sistema LED.

A Figura 16 ilustra uma projeção da economia anual com o novo sistema e uma estimativa do tempo de retorno do investimento no sistema proposto.

Figura 16 - Tempo de retorno do investimento



Fonte: Próprio autor, 2019.

Como mostrado na Figura 16, em pouco mais de dois anos o investimento inicial na troca do sistema por luminárias LED tem retorno através da economia com consumo de energia e manutenção. Num horizonte avaliado de cerca de 10 anos, a economia total de energia chega a cerca de R\$ 1.093.722,00 em valores absolutos.

#### 4.4 Modelo Alternativo

Uma outra possibilidade a ser avaliada, é o uso da telegestão no sistema apresentado. Considerando que as luminárias escolhidas são compatíveis com o uso dessa tecnologia, é interessante fazer uma avaliação a respeito da viabilidade econômica do uso da mesma.

O campus de goiabeiras tem uma redução significativa do fluxo de pessoas e veículos no horário entre as 23:00 e às 05:00. Com isso, o uso da dimerização nas luminárias LED durante esses horários, tornaria possível uma redução ainda maior nos custos com iluminação. No estudo feito por Nogueira (*et al.*, 2014), conclui-se que com uma redução de 60% no fluxo luminoso das luminárias, ainda seria possível atender a norma ABNT NBR 5101:2018. Dessa forma, a proposta apresentada aqui consiste numa redução de 40% do fluxo luminoso, entre os horários de 00:00 e 06:00 e funcionamento da luminária entre 18:00 e 06:00. A potência da luminária durante a redução seria de cerca de 71,8 W.

A Tabela 24 apresenta o consumo e a tarifa para cada faixa de horário no cenário avaliado.

Tabela 24 - Consumo diário de energia no cenário avaliado

Período	Consumo (kWh)	Tarifa (R\$)	Custo (R\$)
18h às 21h	45,96	2,21	101,57
21h às 00h	45,96	0,46	21,14
0h às 06h	55,14	0,46	25,36
<b>TOTAL</b>	147,06	-	148,07

Fonte: Próprio autor, 2019.

De acordo com os dados da Tabela 23, o consumo anual de energia no sistema alternativo seria de cerca de 53.676,9 kWh com um custo de R\$ 54.045,55. Há uma redução de 19,34% no consumo de energia e de 9,76% no custo, em relação ao modelo sem telegestão.

De acordo com a tabela referencial de preços do IOPES (2019), a instalação de cada módulo de telegestão custa R\$ 48,32. A partir de cotação realizada com fornecedores para a aquisição de 128 módulos processadores, foi possível encontrar módulos por cerca de R\$ 550,00, fornecidos pela Ilumatic, totalizando cerca de 600 reais por luminária para aquisição e instalação dos módulos. Já o módulo centralizador, capaz de interligar 150 luminárias, é fornecido pela

Ilumatic por cerca de 4000 reais. Dessa forma, o custo para implantação dos módulos de telegestão é de cerca de R\$ 80.800,00, sem levar em consideração o custo de implantação da central. Com base na análise das licitações apresentadas no capítulo 3 pode-se dizer que os valores são compatíveis com os praticados no mercado. Dado que a economia anual é de cerca de R\$ 5.800,00, seriam necessários aproximadamente 14 anos para que o investimento fosse pago, valor muito próximo da vida útil dos sistemas em questão.

Assim, pode-se dizer que a utilização do sistema de telegestão no anel viário da UFES poderia trazer uma redução significativa no consumo de energia, entretanto, do ponto de vista da viabilidade econômica é necessária uma avaliação mais profunda dos custos envolvidos e da real redução do consumo de energia. Vale ressaltar que essa análise não teve por objetivo avaliar se a redução de 40% no fluxo luminoso, atenderia aos requisitos da norma, apenas se seria viável economicamente e qual a possível redução no consumo de energia. Assim, outro estudo importante seria no sentido de analisar até que ponto é possível reduzir o fluxo luminoso, sem descumprir os requisitos da norma.

#### **4.5 Considerações Gerais**

Neste capítulo foi apresentado um estudo de caso a respeito da substituição do sistema de iluminação da UFES, campus Goiabeiras, por um novo sistema utilizando tecnologia LED. A partir do estudo realizado pela Prefeitura Universitária da UFES, foi analisada a viabilidade econômica da proposta, com foco exclusivamente no anel viário, de forma a apresentar quais os custos envolvidos numa substituição por um sistema mais moderno, sem que fosse necessário fazer obras na estrutura física atual.

O custo total para a modernização foi estimado em R\$ 189.688,00, já incluindo os custos de instalação. A partir daí há uma estimativa de redução do custo anual com consumo de energia de R\$ 143.244,50 para R\$ 59.893,17, o que equivale a cerca de 58,19% de redução nos gastos. Com base na previsão do aumento do custo da tarifa de energia elétrica reajustado pela inflação, foi feita uma projeção dos custos para os próximos anos. Entre o segundo e o terceiro ano, já é observado um retorno do investimento inicial. Na projeção para os próximos 10 anos, levando-se em consideração também a diferença dos custos de manutenção do sistema nesse período, há uma economia prevista de cerca de R\$ 904.034,00 já descontando os custos iniciais para a

substituição. A Tabela 25 traz uma comparação dos dados adquiridos a partir do estudo de caso e da análise econômica das licitações.

Tabela 25 – Comparação Estudo de Caso x Análise Econômica de licitações

<b>Cidade/Ano Base</b>	<b>Vitória 2015</b>	<b>Teresina 2018</b>	<b>UFES 2019</b>
<b>Nº de Pontos de IP (após revitalização)</b>	36.756	99.017	128
<b>Nº de Pontos de IP com uso de Telegestão</b>	36.756	27.629	-
<b>Potência média por ponto (W)</b>	123,85	68	119,7
<b>Consumo anual (GWh)</b>	19,72	28,6	0,066
<b>Consumo anual (em MM R\$)</b>	5,33	12,43	0,059
<b>Arrecadação Anual – COSIP (em MM R\$)</b>	18	59	-
<b>Custo de Revitalização por ponto (R\$)</b>	1.567,61	815	1481,94
<b>Custo de Implantação da Telegestão por ponto (R\$)</b>	438,02	405	-
<b>Redução prevista do custo anual de energia elétrica (%)</b>	42,17	56,8	58,19

Fonte: Próprio autor, 2019.

Como já citado anteriormente, os custos para aquisição de luminárias LED têm diminuído ao longo dos últimos anos. Quando comparadas as licitações de Vitória e Teresina, houve uma redução significativa no custo unitário para revitalização do parque de IP. Seguindo essa linha, os resultados do estudo de caso apontam para uma redução quando comparada com a PPP de Vitória, mesmo tendo um número muito inferior de pontos de iluminação.

Em todos os casos analisados, a proposta de modernização do sistema de IP se mostrou viável dos pontos de vista técnico e financeiro, apresentando um ótimo retorno financeiro e na qualidade da iluminação. Em relação ao uso da tecnologia de Telegestão, esta tem sido amplamente utilizada em novos projetos de IP de grande dimensão. Nas licitações de Vitória e Teresina, o uso da tecnologia foi apontado como essencial para uma boa gestão do parque de iluminação, no entanto, não foram apresentados resultados em relação ao retorno financeiro desses projetos.

## 5 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, foram desenvolvidos conceitos relacionados a sistemas de IP, como a implantação, manutenção e operação desses sistemas, bem como a sua importância para a sociedade. Essa construção embasou a análise econômica e o estudo de caso.

Foram discutidos assuntos relacionados aos conceitos básicos de luminotécnica e as normas vigentes na execução de projetos de IP. Também foram apresentadas as tecnologias mais utilizadas nesse setor, entre elas, a tecnologia LED e todas as vantagens trazidas por ela. A tecnologia de telegestão foi introduzida ao contexto de IP, abordando as suas melhorias na gestão dos sistemas e redução no tempo de resposta dos serviços de manutenção.

A partir dos resultados apresentados ao longo do trabalho, conclui-se que o setor de IP tem grande importância para a sociedade no que diz respeito à ambiência dos espaços públicos, trazendo mais segurança e conforto para a população. Nesse sentido, o uso da tecnologia LED surgiu como uma grande revolução nos projetos de iluminação, por diversos motivos, tais como: maior eficiência trazendo redução no consumo de energia elétrica, maior vida útil, redução no descarte de metais perigosos, maior IRC e temperatura de cor gerando uma iluminação mais agradável, além de se mostrar uma tecnologia alinhada aos conceitos de sustentabilidade.

No que diz respeito a custo com consumo de energia elétrica e investimentos no setor de IP, também ficou claro que muitas cidades têm adotado o sistema de iluminação utilizando LED, em muitos casos através do incentivo de programas como o Procel Reluz, sempre buscando aumentar a eficiência do sistema e reduzir os custos. Em todos os casos, ficou evidenciado que o uso dessa tecnologia traria consideráveis reduções no consumo de energia e melhorias na qualidade da iluminação.

Adicionalmente, verificou-se que os grandes projetos de IP têm em sua maioria, adotado a tecnologia de Telegestão, como forma de melhorar a gestão dos sistemas de IP, os serviços de atendimento à população e possibilitar num futuro próximo que as cidades sejam mais inteligentes e conectadas.



Por fim, o estudo de caso permitiu verificar, por meio do modelo proposto, as possíveis melhorias do sistema de iluminação do anel viário da UFES – Campus Goiabeiras e comprovar a redução do consumo de energia e o retorno financeiro em curto e médio prazo, confirmando que o uso da tecnologia LED, apesar do alto investimento inicial, é viável do ponto de vista financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5101:2018**. Iluminação Pública – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº. 414, de 9 de setembro de 2010. **Estabelece Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica**. Brasília, 2010. Disponível em: [www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf). Acesso em: 13 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. Resolução Homologatória nº 2.432, de 7 de agosto de 2018. **Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2018, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S.A. – EDP ES, e dá outras providências**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**, 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em 07 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. Emenda Constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2002. **Acrescenta o art. 149-A à Constituição Federal (Instituindo contribuição para custeio do serviço de iluminação pública nos Municípios e no Distrito Federal)**. Brasília, DF, 2002a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/emendas/emc/emc39.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc39.htm). Acesso em 26 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. **Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências**. Brasília, DF, 1993. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm). Acesso em 25 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. **Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2002b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/110520.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110520.htm). Acesso em 25 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004. **Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública**. Brasília, DF, 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm). Acesso em: 25 mai. 2019.

BULLOUGH, J.D. Light Emitting Diode Lighting Systems. **NLPIP – Lighting Answers**. v. 7. Issue 3. May, 2003 *apud* NOGUEIRA, F.J. “**Avaliação Experimental de Luminárias Empregando LEDs Orientadas à Iluminação Pública**”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

CARLOS, Jeferson. [Manutenção em Iluminação Pública]. Ariquemes, 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/ro/ariquemes-e-vale-do-jamari/noticia/manutencao-na-iluminacao-publica-trocara-900-sensores-em-ariquemes-ro.ghtml>. Acesso em: 15 mai. 2019.

CDV – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE VITÓRIA. [Chamamento Público PPP de Iluminação]. Vitória, jan. 2015.

CEMIG. **Projeto de Iluminação Pública**. Belo Horizonte: Cemig, 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/documents/nd-3-4p.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2019.

COPEL. **Manual de Iluminação Pública**. 1.ed. Paraná: Copel, 2002. Disponível em: [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual\\_de\\_iluminacao\\_publica\\_copel\\_companhia\\_paraense\\_de\\_energia.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paraense_de_energia.pdf). Acesso em: 07 mai. 2019.

DIÁRIO DE PETRÓPOLIS. **Petrópolis alcança 99% dos pontos de iluminação pública funcionando**. Petrópolis, ago. 2018. Disponível em: <https://www.diariodepetropolis.com.br/integra/petropolis-alcanca-99-dos-pontos-de-iluminacao-publica-funcionando-154319>. Acesso em: 24 mai. 2019.

ELETROBRÁS CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. – **Eletrobrás 40 anos – Centro da Memória da Eletricidade no Brasil**, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br/40anos/default.asp>. Acesso em: 07 mai. 2019.

ELETROBRÁS PROCEL. **Iluminação Pública**. 2016. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7BDE51084F-8DF3-41BB-B871-EA374FD6F574%7D>. Acesso em: 7 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório de resultados do Procel 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>. Acesso em: 12 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório de resultados do Procel 2016**: ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>. Acesso em: 12 mai. 2019.

EMPALUX. **Informações Luminotécnicas**. 2017. Disponível em: <http://www.empalux.com.br/?a1=l>. Acesso em: 20 mai. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário de 2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2019.

IOPES – INSTITUTO DE OBRAS PÚBLICAS DO ESPÍRITO SANTO. **Referencial de Preços**. Vitória, 2019.

JUNIOR, M.G.S. **Proposta de Metodologia para Diagnóstico Técnico da Iluminação Pública**. 2015. Dissertação (Mestre em Ciências) – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-14072016-145113/pt-br.php>. Acesso em: 13 mai. 2019.

LUMICENTER. **Luminária LED Tunable White, tecnologia que simula o curso diário do sol**. 2018. Disponível em: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/luminaria-led-regula-o-ciclo-circadiano/>. Acesso em: 29 mai. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Iluminação Pública Municipal – Programas e Políticas Públicas: Orientações para Gestores Municipais**. Editorial. Brasília, 2018.

NOGUEIRA, F.J. **“Avaliação Experimental de Luminárias Empregando LEDs Orientadas à Iluminação Pública”**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

\_\_\_\_\_. *et al.* **“Avaliação de um Sistema de Telegenciamento empregando Luminárias LED de Iluminação Pública”**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 20, 2014, Belo Horizonte. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática**. Juiz de Fora: 2014.

O SETOR ELÉTRICO. **PPP de Iluminação Pública aparece como solução para municípios**. 2017. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/ppp-de-iluminacao-publica-aparece-como-solucao-para-os-municipios/>. Acesso em 14 mai. 2019.

PETRÓPOLIS. **Edital PP/2017**. Petrópolis: Prefeitura Municipal de Petrópolis, dez. 2019.

PORTAL O DIA. **Prefeito autoriza abertura da licitação da PPP de iluminação**. Teresina, 02 mai. 2019. Disponível em: <https://www.portalodia.com/noticias/piaui/prefeito-autoriza-abertura-da-licitacao-da-ppp-de-iluminacao-364184.html>. Acesso em: 27 mai. 2019.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Barreiro recebe nova tecnologia de Iluminação Pública**. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/barreiro-recebe-nova-tecnologia-de-iluminacao-publica>. Acesso em 22 mai. 2019.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2002. Disponível em: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7BB2BAF2D9-B05C-4080-BF1A-CD72478FE1B5%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em: 18 mai. 2019.

ROSITO, L.H. Desenvolvimento da Iluminação Pública no Brasil. **Revista O Setor Elétrico**, p. 30-35. Janeiro de 2009. Disponível em: [http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/11/Ed36\\_fasc\\_IP\\_cap1.pdf](http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/11/Ed36_fasc_IP_cap1.pdf). Acesso em: 10 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. Novos critérios a serem avaliados na revisão da NBR-5101: Dimerização, telegestão e cidades inteligentes. **Iluminação Pública – ABNT NBR 5101**, v. 155, n. 12, p. 16-17, dez. 2018. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Ed-155-Fasciculo-Capitulo-XII-Iluminacao-publica-ABNT-NBR-5101.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2019.

SALES, R.P. Luminárias a LED na Iluminação Pública: características técnicas e viabilidade econômica. **Sistemas de Iluminação**, v. 76, n. 5, p. 40-49, mai. 2012. Disponível em: [https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/06/Ed76\\_fasc\\_iluminacao\\_cap5.pdf](https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/06/Ed76_fasc_iluminacao_cap5.pdf). Acesso em: 22 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. “**LED, o Novo Paradigma da Iluminação Pública**”. Dissertação de Mestrado, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, 2011.

SILVA, L.L.F. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. 2006. Dissertação (Mestre em Planejamento Energético) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/llfroes.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2019.

TERESINA. **PPP IP Teresina: Plano de Investimentos de Operação**. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2019a.

TERESINA. **PPP IP Teresina: Relatório de Avaliação Econômico-Financeira**. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2019b.

TERESINA. **PPP IP Teresina: Relatório Engenharia**. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2019c.

UFES – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Campus de Goiabeiras**. Vitória, 2019a. Disponível em: <http://www.ufes.br/campus-de-goiabeiras>. Acesso em 28 mai. 2019.

UFES – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **[Estudo de melhoria do sistema de Iluminação Pública da UFES: campus Goiabeiras]**. Vitória: Prefeitura Universitária, 2019b.

VASCONCELLOS, L.E.M.; LIMBERGER, M.A.C. (Org.). **Iluminação Eficiente: Iniciativas da Eletrobrás Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2013. Disponível em: <http://www.eletobras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7B643AD1AD-6EB5-456E-9533-FC0ACD7AD307%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em: 08 mai. 2019.

VITORIALUZ. **Proposta Comercial: PP 22/2017 Petrópolis**. Vitória, dez. 2017.

VITORIALUZ. **Análise de viabilidade: PPP de iluminação pública de Vitória**. Vitória, jun. 2015.