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

LORENNA FERREIRA NOVELLI

AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - *CAMPUS* DE MARUÍPE UTILIZANDO SISTEMA DE TELEGESTÃO

VITÓRIA
2019

LORENNA FERREIRA NOVELLI

AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - *CAMPUS* DE MARUÍPE UTILIZANDO SISTEMA DE TELEGESTÃO

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Lorenna Ferreira Novelli**, 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.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Marcos André Antunes

VITÓRIA
2019

LORENNA FERREIRA NOVELLI

AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CAMPUS DE MARUÍPE UTILIZANDO SISTEMA DE TELEGESTÃO

Parte manuscrita do Projeto de Graduação da aluna **Lorenna Ferreira Novelli**, 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 16 de dezembro de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

Profa. Dra. Jussara Farias Fardin
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

Eng. Amanda Pereira
Autoglass
Examinadora

RESUMO

A iluminação pública é fundamental para propiciar um ambiente com maior segurança e qualidade de vida para a população. Este projeto tem como objetivo central apresentar conceitos associados a sistemas de iluminação pública com foco na implementação de um sistema de telegestão, no *campus* de Maruípe da Universidade Federal do Espírito Santo, de modo a melhorar a eficiência e diminuir os gastos com energia elétrica, por meio de uma análise econômica. São apresentados os conceitos fundamentais de luminotécnica, como também a norma que rege a iluminação pública, retratando a maneira como a mesma é utilizada propiciando segurança à população, e as tecnologias utilizadas para aproveitar a energia de maneira mais eficiente, evitando desperdícios, utilizando equipamentos mais eficientes, como luminárias LED e o sistema de telegestão. A partir da metodologia que é desenvolvida ao longo do projeto, é proposta a modernização do sistema de iluminação do *campus* de Maruípe da Universidade Federal do Espírito Santo de modo a comprovar as principais vantagens do uso dessas tecnologias apresentadas, que tornam o sistema mais confiável e eficiente. Também é estimada a redução no consumo de energia elétrica e avaliado a viabilidade financeira para cada cenário proposto, utilizando ferramentas que almejam obter parâmetros que recomendam ou não o investimento no objeto da análise.

Palavras Chaves: Iluminação pública. Eficiência. Telegestão. LED.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo luminoso em lâmpada fluorescente compacta 17
Figura 2 – Iluminância 17
Figura 3 – Luminância 18
Figura 4 – Eficiência energética de equipamentos para iluminação 19
Figura 5 – Reprodução de cores e seus índices 20
Figura 6 – Classificação das vias públicas 21
Figura 7 – Luminária LED 25
Figura 8 – Estrutura operacional do sistema de telegestão 30
Figura 9 – Base para fixação e instalação de relé fotoelétrico, fotoeletrônico ou sistema de telegestão 31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica anual no Brasil (GWh) 12
Gráfico 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil por Classes de Consumo 13
Gráfico 3 – Consumo anual de energia elétrica com IP no Brasil (GWh)..... 13
Gráfico 4 – Retorno de investimento implementação de luminárias LED 48
Gráfico 5 – Retorno de investimento implementação de telegestão em luminárias LED já existentes..... 49
Gráfico 6 – Retorno de investimentos em implementação de luminárias LED e telegestão simultaneamente 49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Selo Procel 19
Quadro 2 – Tráfego motorizado e de pedestres 22
Quadro 3 – Requisitos de luminância e uniformidade 22
Quadro 4 – Classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de veículos 23
Quadro 5 – Iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação de via para tráfego de veículos 23
Quadro 6 – Classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres 23
Quadro 7 – Iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação de via para tráfego de pedestres 24
Quadro 8 – Classe de Via 24
Quadro 9 – Comparação dos tipos de lâmpadas aplicadas na IP 26
Quadro 10 – Perdas nos reatores 36
Quadro 11 – Orçamentos obtidos dos fornecedores de equipamentos de telegestão 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cenário atual da iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do campus de Maruípe 35
Tabela 2 – Tarifas modalidade verde, subgrupo A3a 37
Tabela 3 – Cenário atual da IP do campus de Maruípe 39
Tabela 4 – Cenário proposto da iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do campus de Maruípe 39
Tabela 5 – Custos com fornecimento e instalação de novos postes e luminárias LED e retirada dos postes e luminárias antigas 40
Tabela 6 – Cenário proposto da iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do campus de Maruípe, utilizando luminárias LED 41
Tabela 7– Economia gerada nos custos com energia elétrica pela implementação de luminárias LED 44
Tabela 8 – Economia gerada nos custos com energia elétrica pela implementação de telegestão em luminárias LED já existentes 44
Tabela 9 – Economia gerada nos custos com energia elétrica pela implementação de luminárias LED e telegestão simultaneamente 45
Tabela 10– Cálculo do VPL do investimento em cada cenário 46
Tabela 11 – Cálculo da TIR do investimento em cada cenário 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
HID	*High Intensity Discharge* (Descarga de alta intensidade)
IP	Iluminação Pública
LED	*Light Emitting Diode* (Díodo Emissor de Luz)
SI	Superintendência de Infraestrutura
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE SÍMBOLOS

I	Intensidade Luminosa (cd)
Φ	Fluxo Luminoso (lm)
E	Iluminância (lx)
L	Luminância (cd/m²)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **11**
1.1 Justificativa **12**
1.2 Objetivo Geral **14**
1.3 Objetivos Específicos **15**
1.4 Organização do Trabalho **15**
2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA **16**
2.1 Conceitos fundamentais em luminotécnica **16**
2.2 ABNT NBR 5101/2018 ..... **20**
2.3 Melhorias na Iluminação Pública **25**
2.3.1 Modernização de equipamentos – Tecnologia LED 25
2.3.2 Telegestão 28
2.4 Conclusões **29**
3 SISTEMA DE TELEGESTÃO APLICADO EM IP **30**
3.1 Funcionamento do sistema de telegestão IP **30**
3.2 Telegestão no Mundo **32**
3.3 Telegestão no Brasil **33**
3.4 Conclusões **34**
4 ESTUDO DE CASO **35**
4.1 Cenário atual **35**
4.2 Cenário proposto com tecnologia LED **39**
4.3 Cenário proposto com tecnologia LED e telegestão **41**
4.4 Análise econômica **44**
4.4.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA) 45
4.4.2 Valor Presente Líquido (VPL) 46
4.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR) 47
4.4.4 *Payback* 48
4.5 Conclusões **49**
5 CONCLUSÕES **51**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **53**

1 INTRODUÇÃO

A iluminação pública (IP) surgiu no ano de 1415, na Inglaterra, como principal medida para o combate ao crime. Era apontada como uma solução para amenizar a violência e, principalmente, os roubos a comerciantes, que aconteciam com frequência nas regiões com maior densidade populacional (ROSITO, 2009).

Já no Brasil, a evolução da IP surge a partir do século XVIII, com a instalação de 100 luminárias de óleo de azeite pelos postes da cidade do Rio de Janeiro, em 1794 (ROSITO, 2009).

É possível observar que ao longo de sua história, a IP surge como principal fator que gera segurança e conforto para a sociedade (ROSITO, 2009). No mundo, a IP representa cerca de 19% do consumo de energia elétrica (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2006). Já no Brasil, representa uma parcela significativa, cerca de 3,3%, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2018).

Atualmente, a redução do consumo de energia elétrica na IP é um grande desafio, e a utilização da tecnologia LED, propicia economia e qualidade na iluminação das cidades. Como complemento a isso, surgem tecnologias mais modernas com o intuito de reduzir custos e consumos. Um exemplo é a telegestão, ferramenta utilizada para gerir, controlar e monitorar redes de IP remotamente.

O funcionamento de um sistema de telegestão é fundamentado no controle e gerenciamento das luminárias, sendo possível efetuar o controle do fluxo luminoso, o que propicia a redução dos gastos com o consumo de energia elétrica. Além disso, é possível verificar em tempo real em que condições está cada ponto de iluminação (NOGUEIRA et al., 2014).

Visando a melhoria da eficiência do sistema de IP no *campus* de Maruípe da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Superintendência de Infraestrutura (SI), elaborou um projeto luminotécnico para substituição do sistema de iluminação das áreas externas, pela tecnologia LED.

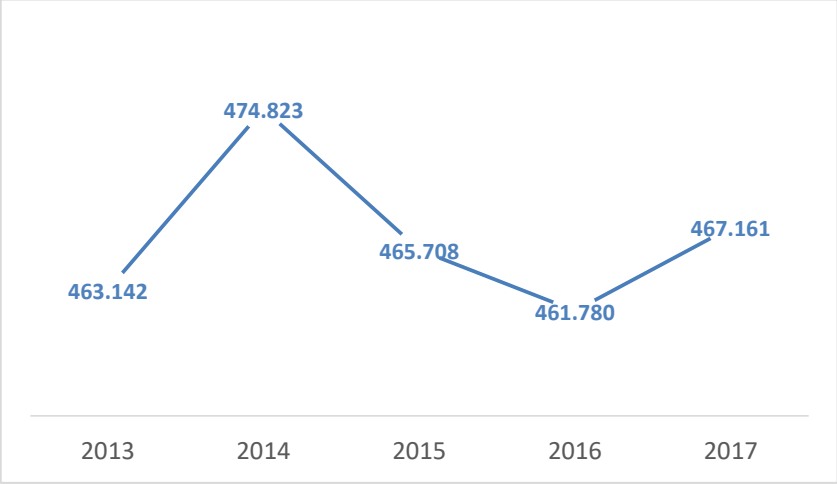
Este projeto de graduação busca apresentar o impacto energético de um sistema de telegestão aplicado em luminárias LED. Avaliações serão realizadas segundo recomendações normativas de modo a verificar o funcionamento do sistema. Além disso, uma análise econômica será efetuada com o propósito de definir qual a economia gerada pela implantação do sistema de telegestão empregado nas luminárias LED que irão substituir luminárias com lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão, atualmente em funcionamento no *campus* de Maruípe da Universidade Federal do Espírito Santo.

1.1 Justificativa

Relacionando o ano de 2017 com 2016, o consumo de energia elétrica no Brasil cresceu 1,2%, após dois anos de queda, chegando ao patamar de 467 TWh, e mantendo o Brasil entre os dez maiores consumidores do mundo (EPE, 2018).

No Gráfico 1, podemos observar a queda no consumo de energia elétrica nos anos de 2015 e 2016, seguido do aumento no ano de 2017.

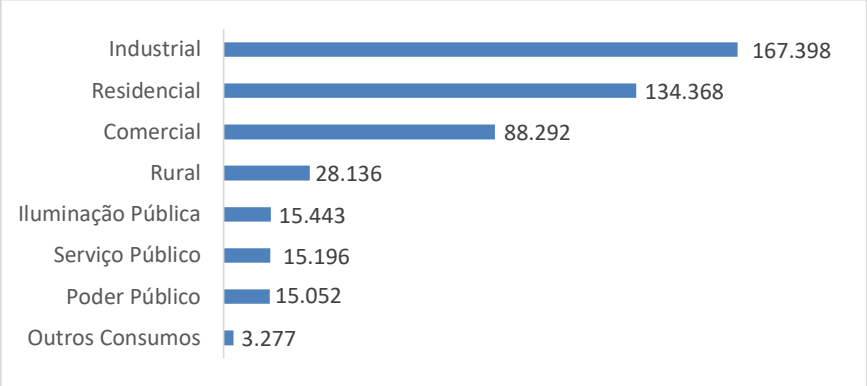
Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica anual no Brasil (GWh)



Fonte: EPE (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

O Gráfico 2, apresenta as classes de consumo de energia elétrica para o ano de 2017, em todo o País. Observa-se que o consumo com IP é de 15.443 GWh, que corresponde a cerca de 3,3% do consumo total de energia elétrica no Brasil.

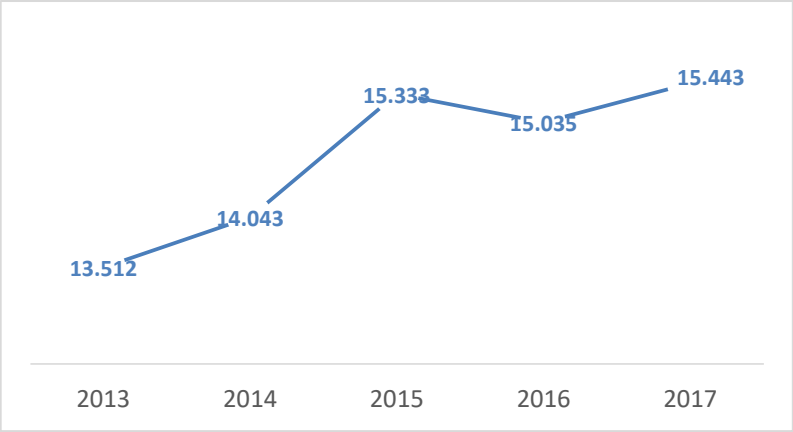
Gráfico 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil por Classes de Consumo



Fonte: EPE (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

O Gráfico 3, apresenta o consumo anual de energia elétrica com IP no Brasil. Diferente do Gráfico 1, é possível observar que o consumo com IP sofreu uma pequena queda em 2016 e posteriormente voltou a crescer.

Gráfico 3 – Consumo anual de energia elétrica com IP no Brasil (GWh)



Fonte: EPE (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

É possível observar que o consumo de energia elétrica em IP no Brasil, com exceção do ano de 2016, é crescente ao longo dos anos, visando que os pontos de luz tendem a expandir e não a reduzir, fica explícito a necessidade de diminuir esse gasto.

Com a modernização do sistema de IP utilizando tecnologias mais eficientes, que necessitam de potências menores por parte das luminárias, é possível proporcionar uma redução no consumo de energia elétrica além de melhorar a qualidade da IP para a população, promovendo maior segurança (SILVA, 2006, p. 4).

Há muitos anos, o *campus* de Maruípe da UFES sofre com insegurança. Estudantes comentam a falta de segurança e de uma IP de qualidade. Vale destacar que dentre as principais ocorrências estão os assaltos aos discentes, principalmente no período noturno (DE PAULA, 2016), consequência de uma iluminação precária que propícia à ocorrência desses crimes (ADUFES, 2017).

Com relação aos gastos com energia elétrica, a UFES apresenta dados relevantes. Segundo a antiga Prefeitura Universitária, atual Superintendência de Infraestrutura (SI), com o balanço dos dois primeiros meses do ano, de 4 de janeiro a 21 de fevereiro de 2016, foram economizados R$ 1.076.085,26 nas contas de energia elétrica nos quatro campi da UFES, economia relacionada ao período de férias e recesso escolar (UFES, 2016). Neste ano de 2019, diante do cenário atual, várias medidas já foram tomadas para diminuir as despesas, dentre as medidas anunciadas está a restrição do uso de aparelhos de ar condicionado, visando reduzir os gastos (TRIBUNA ONLINE, 2019). A universidade prevê ainda a troca das lâmpadas atuais por LED tanto nas áreas internas quanto externas (A GAZETA, 2019).

Com a preocupação em reduzir os desperdícios de energia em sistemas de IP, surge a necessidade de realizar um estudo para avaliar o impacto energético de um novo sistema de iluminação. Com o auxílio de um sistema de telegestão, projetado para o *campus* de Maruípe da UFES, foi almejado realizar o controle e manutenção dos pontos de iluminação, de maneira mais eficiente, permitindo, assim, a redução no consumo de energia.

Um projeto, que tenha em seu desenvolvimento a inclusão de um sistema de telegestão, apresenta um avanço na gestão energética e uma redução no custo mensal com energia elétrica (NOGUEIRA et al., 2014).

1.2 Objetivo Geral

O presente projeto buscou avaliar o impacto econômico da aplicação de um sistema de telegestão para controle e manutenção da IP no *campus* de Maruípe da UFES.

1.3 Objetivos Específicos

Para melhor compreensão do assunto abordado, de modo a realizar o objetivo geral, foram definidos alguns objetivos específicos, descritos a seguir:

- Foram propostas medidas que melhorem a eficiência e aumentem a qualidade do sistema de IP, com o propósito de reduzir os gastos sem comprometer o conforto e segurança da população.
- Avaliou-se o projeto elaborado pela Superintendência de Infraestrutura da UFES, de modo a compreender o impacto energético da substituição das luminárias pela tecnologia LED, no *campus* de Maruípe.
- Foi demonstrada a aplicação do dispositivo de telegestão, para controle e manutenção do sistema de IP, no *campus* de Maruípe.
- Salientou-se os prováveis ganhos alcançados a partir da implementação do dispositivo de telegestão.
- Foi utilizada uma metodologia de análise econômica para os sistemas de IP.
- Foi ponderada a aplicação da proposta apresentada.

1.4 Organização do Trabalho

Este projeto está organizado em cinco capítulos. No Capítulo 2, são abordados conceitos fundamentais sobre luminotécnica. Nele também é apresentado a base normativa para projetos de IP e algumas vantagens e desvantagens que o sistema pode apresentar quando implementado novas tecnologias.

No Capítulo 3, é apresentado o funcionamento do sistema de telegestão em IP, e como ele está sendo aplicado no mundo e no Brasil, expondo os resultados que estas aplicações estão obtendo com o decorrer de sua utilização.

O Capítulo 4 apresenta um estudo de caso, com foco na análise econômica, onde é avaliada a viabilidade de implantação de um sistema de iluminação mais moderno no *campus* de Maruípe da Universidade Federal do Espírito Santo. No último capítulo são evidenciadas as conclusões finais do projeto elaborado.

2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Neste capítulo são expostos alguns conceitos relevantes para suporte teórico do exposto projeto, como: os conceitos fundamentais em luminotécnica, a base normativa para propiciar uma iluminação adequada e eficiente, e as novas tecnologias para melhoria na IP, como implementação de luminárias LED associadas a um sistema de telegestão.

2.1 Conceitos fundamentais em luminotécnica

Seguindo o Manual de Iluminação (PROCEL, 2005), os conceitos e termos fundamentais de iluminação apresentados são:

- Acomodação: Para que os objetos sempre estejam nítidos, o cristalino do olho sofre um ajuste, de modo que a imagem fique sempre focada na retina.
- Intensidade Luminosa (I): É a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção, como apresentado em (1). A unidade é candela (cd).

$$I = \frac{\partial \phi}{\partial \Omega} \tag{1}$$

Onde:

Φ = fluxo luminoso (lm).
Ω = direção por unidade em ângulo sólido esferorradiano (sr).

- Fluxo Luminoso (Φ): É a quantidade de luz (lúmen) emitida em todas as direções pela fonte de luz como ilustrado na Figura 1.

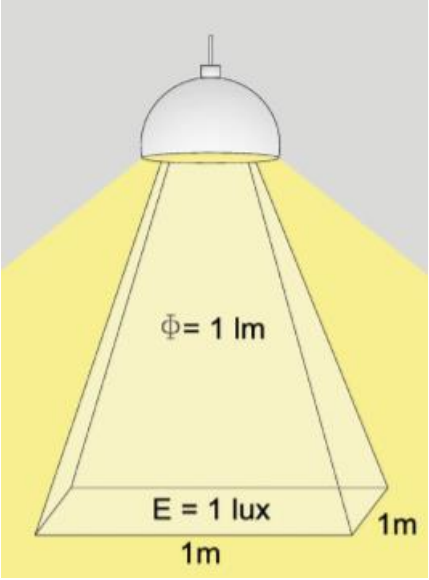
Figura 1 – Fluxo luminoso em lâmpada fluorescente compacta

Fonte: PROCEL (2005).

- Iluminância (E): Tem como unidade o lux (lx). É o quociente entre o fluxo luminoso ($\partial\phi$) incidente num elemento da superfície, e a área (∂A) desse elemento, conforme ilustrado da Figura 2 e apresentado em (2).

$$E = \frac{\partial \phi}{\partial A} \tag{2}$$

Figura 2 – Iluminância



Fonte: PROCEL (2005).

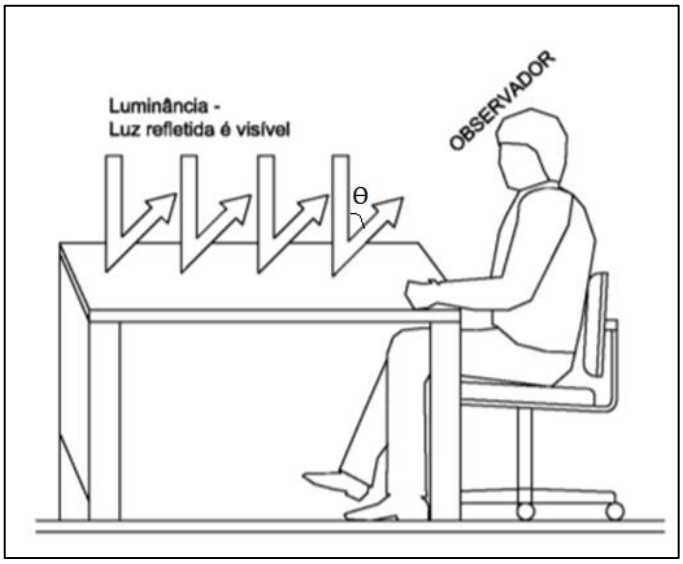
- Luminância (L): Tem como unidade cd/m². Se refere a uma intensidade luminosa que atinge o observador e que pode ser proveniente de reflexão de uma superfície ou de uma fonte de luz, como ilustrado na Figura 3 e apresentado em (3).

$$L = \frac{I}{A.\cos(\Theta)} \tag{3}$$

Onde:

I = intensidade luminosa (cd).
A = área projetada (m²).
Θ = ângulo considerado (graus).

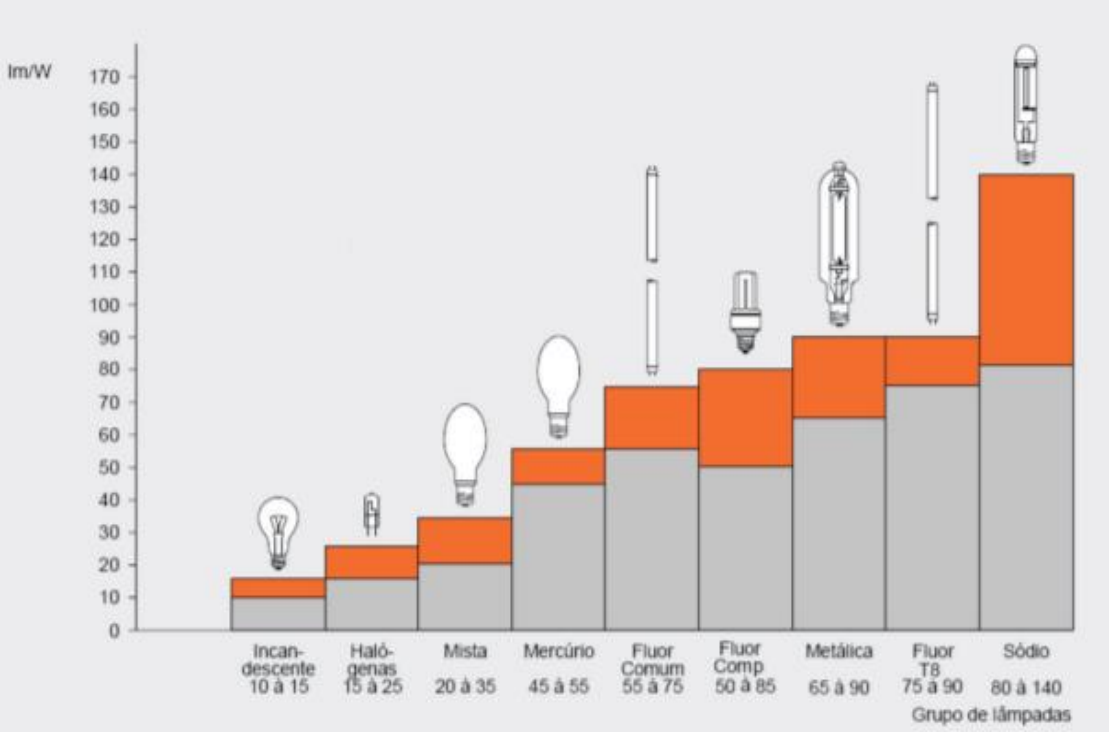
Figura 3 – Luminância



Fonte: PROCEL (2005).

- Eficiência da Luminária: É a razão entre os lúmens emitidos por uma luminária, dividido pelos lúmens emitidos pela lâmpada, ou lâmpadas, em uso da luminária.
- Eficiência Luminosa: Tem como unidade o lm/W. É a relação entre o fluxo luminoso emitido e a energia elétrica consumida por unidade de tempo (potência) por uma fonte de luz. Quanto maior a eficiência luminosa de uma lâmpada e equipamentos, menor seu consumo de energia, como ilustrado na Figura 4, onde é possível observar a variação desses limites de eficiência luminosa na cor laranja.

Figura 4 – Eficiência energética de equipamentos para iluminação



Fonte: PROCEL (2005).

- Temperatura de Cor Correlata (TCC): É determinada pela comparação da sua saturação cromática com a de um corpo negro radiante ideal. Ou seja, é a temperatura na qual um corpo negro irradiaria a mesma cor da fonte luminosa (usualmente medida em Kelvin – K). No Quadro 1 é apresentada a temperatura de acordo com a aparência da cor da luz.

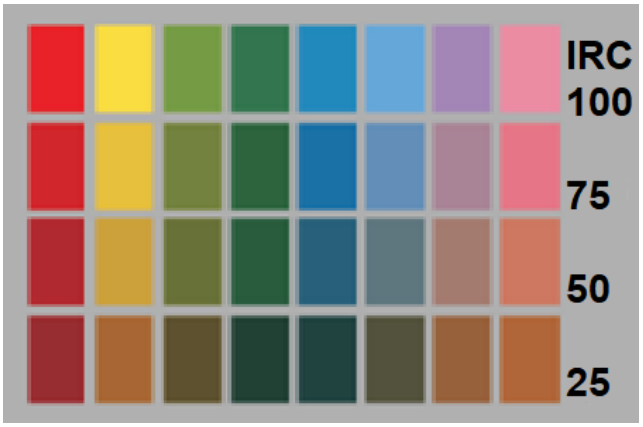
Quadro 1 – Selo Procel

Morna	< 3300 K
Neutra	≥ 3300 K e < 5000 K
Fria	≥ 5000 K

Fonte: PROCEL (2005).

- Índice de Reprodução de Cor (IRC): É a capacidade de reprodução de cores dos objetos iluminados por uma fonte luz. Possui uma variação entre 0 (nenhuma fidelidade) e 100 (máxima fidelidade). Se o seu valor for maior, o equilíbrio entre as cores será melhor. Quanto maior for a diferença entre a aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor será o seu IRC. Na Figura 5 é ilustrada a reprodução das cores e seus índices.

Figura 5 – Reprodução de cores e seus índices



Fonte: PROCEL (2005).

2.2 ABNT NBR 5101/2018

O objetivo principal da IP é proporcionar segurança e boa visibilidade para o tráfego de pedestres e veículos, com conforto e precisão. A aplicação da norma NBR 5101 (ABNT, 2018) propicia uma iluminação adequada e eficiente, a saber:

a) Equipamentos eficientes, com distribuição adequada para cada instalação;
b) Luminárias seguindo os requisitos de posicionamento e alturas adequados para cada local;
c) Um bom método de manutenção, para manter a integridade do sistema e preservar o nível de iluminação definido no projeto.

É possível verificar na NBR 5101 (ABNT, 2018) algumas classificações como as das vias segundo o Código de Trânsito Brasileiro:

a) Vias Urbanas:
    - Via de Trânsito Rápido: baixo trânsito de pedestre e alto trânsito de veículos. Acessos especiais com trânsito livre;
    - Via Arterial: várias pistas, cruzamentos em dois planos e estacionamento proibido na pista. Vias de grande porte geradores de tráfego e viagens de longas distâncias;
    - Via Coletora: exclusivo para veículos, serve para mover o tráfego de trânsito rápido para as vias arteriais;

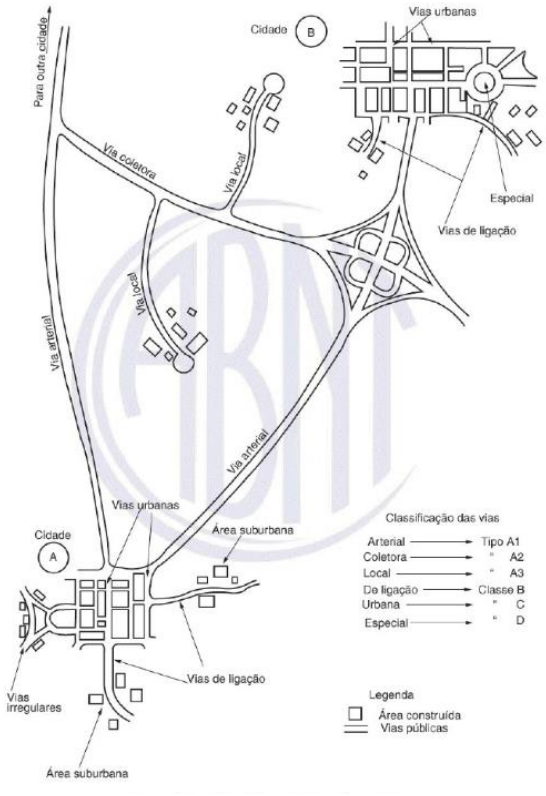
- Via Local: acesso a edificações e vias urbanas. Possui semáforos e é destinada para acesso local.

b) Vias Rurais:

- Rodovias: são pavimentadas e podem possuir acostamento ou não. Em alguns casos possuem trechos classificados como urbanos;
- Estradas: é uma via rural não pavimentada.

As classificações das vias estão ilustradas na Figura 6.

Figura 6 – Classificação das vias públicas



Fonte: ABNT (2018).

Classificando as vias, o tráfego é considerado, e segundo a NBR 5101 (ABNT, 2018) ele é classificado como sem leve, médio ou intenso para pedestre e como leve, médio ou intenso para veículos motorizados. O Quadro 2 apresenta o tráfego motorizado e de pedestres.

Quadro 2 – Tráfego motorizado e de pedestres

Classificação	Tráfego	
	Motorizado*	Pedestre
Sem tráfego	-	Como nas vias arteriais
Leve	150 a 500	Como nas vias residenciais médias
Médio	501 a 1200	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso	Acima de 1200	Como nas vias comerciais principais
*Volume de tráfego noturno de veículos por hora, em ambos os sentidos, em pista única.		

Fonte: ABNT (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

A NBR 5101 (ABNT, 2018) apresenta também a classificação das distribuições das intensidades luminosas das luminárias em relação às vias. Para isso, é preciso considerar a altura de montagem das luminárias, posição transversal das luminárias, espaçamento, posicionamento, largura das vias que serão iluminadas, a porcentagem do fluxo luminoso na pista e adjacências. Quando são estabelecidas as condições para iluminância e uniformidade, a NBR 5101 (ABNT, 2018) define, os seguintes requisitos, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Requisitos de luminância e uniformidade

Classe de iluminação	L_{med}	U_o ≥	U_L ≥	TI% ≤	SR ≥
V1ª	2,00	0,40	0,70	10	0,5
V2ª	1,50	0,40	0,70	10	0,5
V3ª	1,00	0,40	0,70	10	0,5
V4	0,75	0,40	0,60	15	-
V5	0,50	0,40	0,60	15	-
Notas: L_{med} luminância média U_o uniformidade média U_L uniformidade longitudinal TI incremento de liminar SR razão das áreas adjacentes à via NOTA Os critérios de TI e SR são orientados assim como as classes V4 e V5.					
ª Para as classes V1, V2 e V3 deve-se atender aos requisitos de luminância média, uniformidade global e uniformidade longitudinal.					

Fonte: ABNT (2018).

Em seguida, são estipulados valores mínimos de iluminância (E_{min}) e o fator de uniformidade (U_{min}), em função das vias. Para via de tráfego de veículos, observam-se os Quadros 4 e 5.

Quadro 4 – Classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de veículos

Descrição da Via	Classe de iluminação
Trânsito rápido; Autoestradas Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio	V1 V2
Vias arteriais; vias rurais Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio	V1 V2
Vias coletoras; com tráfego intenso de pedestres Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve	V2 V3 V4
Vias locais; acesso residencial Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve	V4 V5

Fonte: ABNT (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

Quadro 5 – Iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação de via para tráfego de veículos

Classe de Iluminação	Iluminância Média Mínima $E_{med,min}$ (lux)	Fator de Uniformidade mínimo $U = E_{min} / E_{med}$
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: ABNT (2018).

Para via de tráfego de pedestres, observam-se os Quadros 6 e 7, que apresentam as classes para cada tráfego e a iluminância média e mínima para as respectivas classes.

Quadro 6 – Classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres

Descrição da Via	Classe de iluminação
Vias de uso noturno intenso de pedestres	P1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres	P3
Vias de pouco uso por pedestres	P4

Fonte: ABNT (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

Quadro 7 – Iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação de via para tráfego de pedestres

Classe de Iluminação	Iluminância Média Mínima $E_{med,min}$ (lux)	Fator de Uniformidade mínimo $U = E_{min} / E_{med}$
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: ABNT (2018).

A NBR 5101 (ABNT, 2018) recomenda ainda que, após cumprir todos os requisitos de iluminância e uniformidade conforme foi apresentado, é importante a elaboração de um projeto de manutenção, para manter os valores da iluminância recomendados pela norma. Para isso devem ser realizadas as substituições de equipamentos depreciados e limpeza periódica das luminárias para não comprometer seu funcionamento.

Existem situações onde aparecem algumas condições que precisam ser tratadas com particularidade e a NBR 5101 (ABNT, 2018), apresenta o que é recomendado para cada situação. Um desses casos que a norma recomenda é com relação à travessia de pedestres, como apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Classe de Via

Classe de Iluminação	Iluminância Média Mínima $E_{med,min}$ (lux)	Iluminância Média Mínima Horizontal na faixa de pedestres Eh_{med}	Iluminância Média Mínima Vertical Ev_{med}
V1	30	52,5	22,5
V2	20	35	15
V3	15	26,25	11,25
V4	10	17,5	7,5
V5	5	10	4

Fonte: ABNT (2018).

Para realizar inspeções, a NBR 5101 (ABNT, 2018) define as malhas usadas para medições ou cálculo de iluminância.

Fazendo bom uso das informações contidas na norma, pode-se produzir iluminação adequada e utilização racional da energia para qualquer projeto.

2.3 Melhorias na Iluminação Pública

Como apresentado no decorrer do projeto, a busca por uma boa gestão é primordial para adquirir um serviço de IP de qualidade. Para isso, utilizando equipamentos eficientes e novas tecnologias, é possível adquirir um sistema com essas características almejadas.

2.3.1 Modernização de equipamentos – Tecnologia LED

A tecnologia de iluminação LED é uma alternativa de substituição às lâmpadas com baixa eficiência. Com o crescimento da população e consequentemente o aumento com o gasto de energia, com o intuito de diminuir esses custos a tecnologia LED se expandiu, tornando-se uma fonte luminosa eficiente e de baixo custo (RODRIGUES, 2012). Um exemplo de luminária com tecnologia LED é apresentado na Figura 7, esta luminária em questão é compatível com o uso da telegestão, dessa forma, há a possibilidade da implementação dessa tecnologia futuramente (ILUMINATIC, 2019).

A expectativa de vida útil dessa luminária é de aproximadamente 70.000 horas, considerando 12 horas de utilização por dia, para IP, equivale a cerca de 16 anos de operação. Entretanto, a garantia fornecida pelo fabricante é de apenas 5 anos (ILUMINATIC, 2019). Como se trata de uma nova tecnologia implementada há poucos anos, não se sabe a real depreciação dos equipamentos ao longo dos anos, logo não se tem ideia de quanto pode ser gasto com substituição das mesmas.

Figura 7 – Luminária LED

Fonte: ILUMINATIC (2019).

A eficiência energética é a relação entre o fluxo luminoso e a potência (lúmens/watt). Nesta relação, a iluminação LED se caracteriza como sendo muito mais eficiente que as demais tecnologias encontradas no mercado atual (BLEY, 2012).

Características como elevada eficácia luminosa, longa vida útil, alto índice de reprodução de cor, possibilidade de dimerização da intensidade luminosa e capacidade de emissão de luz branca contribuem para a utilização da tecnologia LED em IP (RODRIGUES, 2012). É possível verificar algumas dessas características no Quadro 9.

Quadro 9 – Comparação dos tipos de lâmpadas aplicadas na IP

Tipo e lâmpada	Eficácia Luminosa (lúmens/watt)	IRC	Vida útil da lâmpada (horas)
Vapor de sódio de alta pressão	80 - 150	24	15000 -24000
Vapor Metálico	70 -130	96	8000 -12000
Vapor de Mercúrio	35 - 65	40	10000 – 15000
LEDs	70 - 160	70 – 90+	40000 - 90000

Fonte: MME (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

Segundo Marcelo da Costa Siqueira, engenheiro eletricista e chefe da Divisão de Eficiência Energética no Setor Público da Eletrobras, em 2015, 71% do parque instalado de IP no Brasil eram de lâmpadas a vapor de sódio. Entretanto, neste mesmo período, já existia uma forte tendência de utilização de luminárias LED (FREITAS, 2015).

No ano de 2018, o Brasil possuía cerca de 20 milhões de pontos de IP, em sua maioria, lâmpadas a vapor de sódio, e uma pequena parcela a vapor de mercúrio. Apenas 5% utilizavam luminárias LED (FREITAS, 2018).

A tecnologia vem avançando nos últimos anos, o que contribuiu consideravelmente para o avanço na eficiência dos LEDs (PROCEL, 2011). O uso de LEDs oferece uma maior eficiência e longa vida útil do sistema, além de não depositar elementos químicos nocivos ao meio ambiente, quando comparado com outras lâmpadas (PINTO, 2008). É possível também

reduzir os desconfortáveis ofuscamentos, devido à luz do LED ser naturalmente direcional, possibilitando iluminar em diversos ângulos de abertura de facho de luz (LOPES, 2014).

Podem ser destacadas as seguintes vantagens das lâmpadas de LED segundo o MME (2018):

- Alta eficiência luminosa;
- Longa vida útil, de até 90 mil horas;
- Pouca redução do fluxo luminoso e do espectro de iluminação ao longo da vida;
- Possibilidade de luz branca quente, neutra e fria;
- Ótima reprodução de cores (maior segurança, bem-estar e embelezamento urbano);
- Redução nos custos de energia e manutenção;
- Possibilidade de telegerenciamento em tempo real e em cada ponto de luz;
- Possibilidade de dimerização (controle da intensidade de iluminação) fácil e rápida, de acordo com a necessidade;
- Economia de energia de até 40 a 60% após modernização (dependendo da tecnologia instalada no parque atual).

E como desvantagem:

- Custo inicial de lâmpadas de LED.

A tecnologia LED atualmente possui um alto custo quando comparado com outras alternativas, mas a tendência é que cada vez mais se torne mais acessível. Há estudos que indicam uma redução anual superior a 20% na relação custo por fluxo luminoso (R$/lm). A eficiência de um LED é cerca de 100 lm/W, hoje em dia. Estima-se que, em 2020, esse valor supere 200 lm/W. Já as fluorescentes tubulares de maior eficiência apresentam 100 lm/W e as a vapor de sódio a alta pressão 140 lm/W (VASCONCELLOS; LIMBERGER, 2013).

O tamanho compacto do LED faz com que o desenho óptico seja mais flexível quando comparado com outras luminárias, quando se diz respeito a IP. O fluxo luminoso pode ser direcionado em um ângulo mais amplo, com o objetivo de atender os níveis de iluminância, luminância e o fator de uniformidade exigidos pelas normas vigentes de IP (LO *et al.*, 2011).

Com o objetivo de combate ao desperdício de energia elétrica na IP, a substituição das lâmpadas ineficientes existentes por lâmpadas com tecnologias mais eficientes é

recomendável, pois elas propiciam maior tempo de vida útil, produzindo mais iluminação por unidade de energia elétrica consumida (COPEL, 2018).

2.3.2 Telegestão

Os sistemas de telegestão são equipamentos utilizados para gerir, controlar e monitorar redes de IP. Permitem gerir as luminárias individualmente ou em grupo, fazendo uso dos seus critérios de operação (NOGUEIRA et al., 2014).

Assim é possível atuar no funcionamento da luminária, acionando-a ou desligando-a, controlando seu fluxo luminoso, ajudando na eficiência do sistema de iluminação (NOGUEIRA et al., 2014).

Inicialmente para a IP, a telegestão surgiu como uma substituição dos relés fotoelétricos convencionais, para inserirem mais funções como detecção de defeitos, dimerização e acionamento programado. O CEO da Exati Tecnologia, Dênis Weis Naressi, declara que a IP pode ser utilizada para funções mais abrangentes, tornando as cidades melhores e mais inteligentes (FREITAS, 2018).

Para implementação da telegestão, se faz necessário possuir luminárias compatíveis com o sistema. Atualmente a tecnologia mais utilizada em IP é de lâmpadas de descarga o que impossibilita a instalação desses sistemas, pois, elas não permitem controlar seu fluxo luminoso.

É importante salientar algumas vantagens mais significativas do uso de um sistema de telegestão em IP, como: diminuir o consumo de energia elétrica nos horários de menor tráfego de veículos e pedestres, fazendo-se a aplicação da dimerização; possíveis falhas do sistema podem ser identificadas de imediato, pois, o acompanhamento de determinados parâmetros como potência, tensão, fator de potência, são realizados em tempo real, o que possibilita realizar um planejamento de manutenção mais adequado; elaborar um mapa com todas as luminárias distribuídas em uma determinada região (NOGUEIRA et al., 2014).

Algumas normas internacionais apresentam assuntos relacionados à telegestão e dimerização, onde se pode planejar a implementação desse sistema, desde que sejam atendidos os

requisitos normativos e que a situação dos locais aonde irão ocorrer a dimerização, sejam conhecidos para realizar os ajustes da iluminação. É recomendado, então, que a nova revisão da ABNT NBR 5101 cite esses assuntos (ROSITO, 2019).

Para implementação do sistema de telegestão, inicialmente se faz necessário realizar um levantamento dos pontos que deverão ser iluminados e a necessidade do local onde será implementado, analisando assim, as vias e os pontos onde serão alocadas as luminárias, levando sempre em consideração o tráfego de veículos e pedestres no local (FREITAS, 2018).

A telegestão pode ser considerada inviável, na maioria dos casos, quando utilizada apenas para detectar defeitos. Ponderando-a como uma tecnologia que viabiliza outras soluções, o custo benefício se torna positivo (FREITAS, 2018).

2.4 Conclusões

Neste capítulo, foram apresentados os principais termos relacionados à luminotécnica que são utilizados em sistemas de IP, como também a base normativa que adequa a IP classificando cada local de acordo com suas particularidades e definindo requisitos básicos para que a iluminação fornecida seja eficiente e confortável para a população. Foram apresentados a tecnologia LED e o sistema de telegestão que utilizam a energia elétrica sem gerar desperdícios.

Fazendo uso dessas novas tecnologias é possível alcançar um serviço de IP de qualidade. A tecnologia LED é apresentada como uma ótima alternativa de substituição às lâmpadas com baixa eficiência e o telegerenciamento dessas lâmpadas melhora ainda mais o cenário atual, permitindo o controle do funcionamento da luminária, ajudando ainda mais na eficiência do sistema de IP.

3 SISTEMA DE TELEGESTÃO APLICADO EM IP

O presente capítulo busca apresentar as funcionalidades do sistema de telegestão e sua estrutura operacional, além da aplicabilidade desse sistema no Brasil e no mundo.

3.1 Funcionamento do sistema de telegestão IP

Para aderência a sistemas de telegestão é primordial que as luminárias LED apresentem tecnologia compatível com todas as funcionalidades dos sistemas de telegestão, bem como ponto de conexão para instalação de equipamentos de telegestão (SANTA LUZIA, 2019).

A estrutura operacional do sistema de telegestão, apresentada na Figura 8, é composta de forma geral por uma central de controle, servidor de telegestão, concentrador e telecomando controlador de luminária. Cada elemento dessa estrutura de telegestão apresenta características básicas, obrigações e especificações técnicas que devem ser contempladas (SANTA LUZIA, 2019).

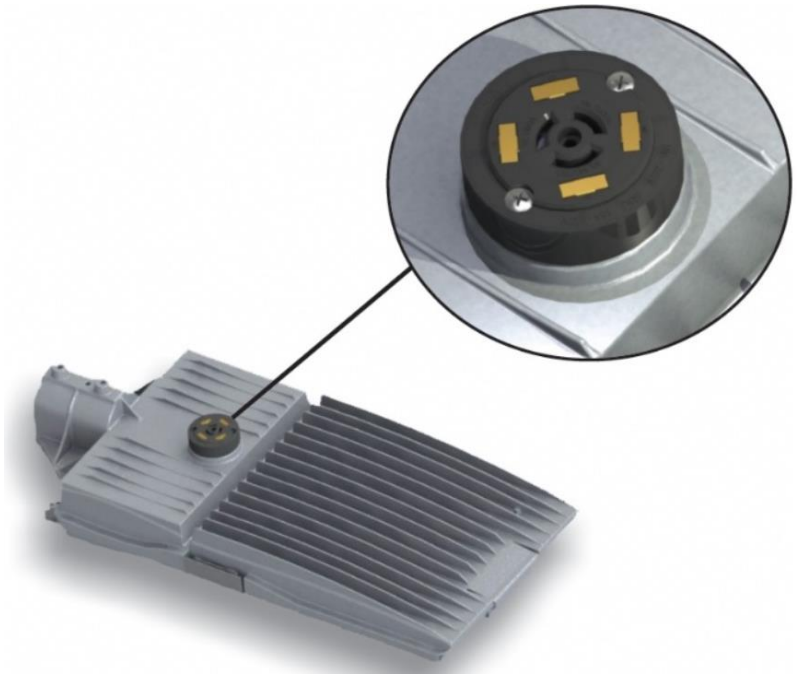
Figura 8 – Estrutura operacional do sistema de telegestão

Fonte: Santa Luzia (2019).

As informações são captadas por um pequeno processador instalado na luminária (Item 1 – Figura 8), que recebe ou envia as informações, por meio de *Wi-fi*, para um concentrador (Item 2 – Figura 8), um dispositivo que é instalado nos postes, que recebe e envia dados de várias luminárias que estão localizadas próximas a ele. As informações são coletadas e transmitidas ao servidor de telegestão (Item 3 – Figura 8), que armazena e disponibiliza as informações à central de controle (Item 4 – Figura 8) (SANTA LUZIA, 2019).

O sistema é simples, funcional e não precisa de instalação especial. Pode-se utilizar os equipamentos já instalados na luminária existente na rede antiga, desde que sejam compatíveis. Para isso basta retirar o relé fotoelétrico existente e instalar a unidade de comando para telegestão. A Figura 9 apresenta uma luminária com a base própria para instalação de um sistema de telegestão.

Figura 9 – Base para fixação e instalação de relé fotoelétrico, fotoeletrônico ou sistema de telegestão



Fonte: ILUMINATIC (2019).

Basicamente os equipamentos encontrados no mercado atual têm como função:

- Monitorar as luminárias em tempo real;
- Observar as características térmicas e elétricas das luminárias;
- Fazer o mapeamento das luminárias;
- Verificar problemas nas luminárias;
- Programar as luminárias, para acender, apagar, dimerizar, em horários pré-estabelecidos;
- Criar grupos de luminárias para que o mesmo controlador comande a iluminação de diversas ruas com comandos diferenciados;
- Emitir relatórios de acompanhamento do desempenho das luminárias, assim como relatórios de energia consumida por luminária ou por um grupo de luminárias.

3.2 Telegestão no Mundo

Uma grande referência em telegestão é a cidade de Palencia, na Espanha. Dentro de sua estratégia de Cidade Inteligente, passou a renovar um terço das instalações de IP, promovendo a mudança de 3.139 pontos de luz para a tecnologia LED, todos eles com telegestão, permitindo uma redução de energia de 70% acarretando uma economia de dois milhões de euros, além das 871 toneladas de CO_2 que não são mais emitidas na atmosfera, devido a substituição do tipo de luminária (PALENCIA, 2013). O sistema de telegestão em IP implementado na cidade, há vários anos, vem apresentando grandes economias no consumo de energia elétrica, como também progressos em direção aos objetivos ambientais (PRIETO, 2016).

Já Buenos Aires se tornou a primeira capital da América Latina em que a iluminação de todas as suas ruas são feitas com luminárias LED e telegestão, evitando a emissão de 44.000 toneladas de dióxido de carbono por ano, resultando na economia de 30% nos custos de manutenção e na redução de 50% do consumo de energia elétrica (UCCI, 2019).

O uso da tecnologia LED, que é mais eficiente, durável e sustentável, começou a ser implementado em Buenos Aires em dezembro de 2016, quando três bairros da cidade começaram a ser iluminados com este sistema. No final de 2018 foram alcançados 10 bairros com a nova tecnologia e em junho deste ano foi estendida a 15 bairros da cidade. Atualmente, os espaços públicos de Buenos Aires possuem mais de 158.000 luminárias LED (UCCI, 2019). O sistema implementado, possibilita que todas as luminárias sejam controladas a partir de um painel centralizado que permite diminuir intensidades, detectar falhas e agendar tarefas de manutenção, para que o uso seja mais eficiente (UCCI, 2019). Em seu primeiro ano de funcionamento o tempo médio para manutenção caiu de 22 dias para 4,5 dias (MUSSE, 2019).

Em abril de 2015, a cidade de Los Angeles passou a ser a primeira cidade do mundo a controlar sua IP por meio de um avançado sistema de gerenciamento que utiliza tecnologias móveis e baseadas em nuvem, conectando-se diretamente a cada ponto de luz, permitindo um melhor gerenciamento do sistema de IP beneficiando-a com ruas mais seguras e bem iluminadas (WEGO, 2015).

As 215.000 luzes das ruas em Los Angeles incluem mais de 400 estilos diferentes, distribuídos por 11.500 quilômetros de estradas. Essas inovações reduziram o uso de energia da cidade em mais de 63%, economizando pelo menos US $ 9,5 milhões por ano em custos operacionais e de manutenção. (WEGO, 2015).

3.3 Telegestão no Brasil

A prefeitura de Belo Horizonte começou a substituir 180 mil pontos de IP da capital por lâmpadas de LED a partir de outubro de 2017 juntamente com a implementação da telegestão, possibilitado o controle remoto das luminárias LED (CIPRIANI, 2017). Dois anos após a assinatura do contrato para a modernização da IP da capital mineira, já foi possível gerar uma economia no consumo de energia da ordem de 18,5%, reduzindo os custos com IP na cidade (FARIA, 2019).

O município da Serra, no Espírito Santo, vai receber 700 novos postes de iluminação e todo o trecho entre a região de Carapina e Divinópolis receberá 2.900 luminárias de LED. O custo das luminárias LED com possibilidade de implementar telegestão é maior que as sem essa possibilidade, pensando nisso, as luminárias instaladas no município da Serra são compatíveis com o sistema de telegestão, porém o sistema não será implementado de imediato (SERRA, 2019).

A prefeitura de Vila Velha no Espírito Santo, por meio de um projeto para nova iluminação do município, prevê a substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas de LED, permitindo a implantação de sistemas inteligentes, incluindo a própria telegestão do parque de iluminação (MAGALHÃES, 2018). Os estudos realizados pelos técnicos do BNDES em conjunto com um consórcio de empresas que desenhou a nova modelagem para o sistema de iluminação do município estimaram investimentos da ordem de R$ 121 milhões em um contrato de 20 anos, que prevê a redução de até 50% no consumo de energia. O projeto prevê a expansão em quase 50 mil pontos, a substituição de 35 mil luminárias de vapor de sódio por luminárias LED e ainda estabelece que todo o sistema será operado por telegestão (MAGALHÃES, 2019).

3.4 Conclusões

Neste capítulo foi apresentado como é a estrutura operacional de um sistema de telegestão em IP, além de todas as funções que os equipamentos de telegerenciamento podem fornecer. A instalação do comando de telegestão foi abordada de forma sucinta de modo a demonstrar que as luminárias já existentes em um sistema podem ser aproveitadas, desde que possuam compatibilidade com o sistema de telegestão.

Foram apresentados também exemplos de cidades do Brasil e do mundo que já possuem ou pretendem fazer uso da telegestão em IP, mostrando a economia gerada por meio da implementação desse sistema concomitantemente com a tecnologia LED.

4 ESTUDO DE CASO

O *campus* de Maruípe da UFES fica localizado no Bairro Maruípe, em Vitória, capital do Espírito Santo. Composto por vários centros acadêmicos e também pelo Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes (Hucam), presta serviços de ordem pública à sociedade. Nele é possível encontrar assistência médica e odontológica prestada nas dependências do Hucam e do Instituto de Odontologia da Ufes (Ioufes) (UFES, 2019).

Visando a melhoria do sistema de IP do *campus* que atualmente possui instalações antigas, sem manutenção adequada e que não apresentam nenhuma eficiência devido aos equipamentos utilizados, é de suma importância analisar o cenário atual e propor uma solução eficiente para este sistema de iluminação.

4.1 Cenário atual

Um projeto luminotécnico de iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do *campus* de Maruípe, foi elaborado por Arquitetos e Engenheiros da Superintendência de Infraestrutura (SI) da UFES. Nele foi possível verificar o número de pontos de iluminação a altura dos postes e a potência instalada atual. A Tabela 1 foi elaborada a partir dessas informações fornecidas pela SI.

Tabela 1 – Cenário atual da iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do campus de Maruípe

Potência Instalada em Maruípe - Atual			
Tipo	Quantidade	Potência (W)	Total de potência instalada por tipo (W)
Projetores	128	400	51.200
Luminária 4 metros	34	70	2.380
Luminária 7 e 12 metros	63	250	15.750
		Total	69.330

Fonte: Produção do próprio autor.

Por meio de informações fornecidas pela SI, foi possível constatar que, em sua maioria, as luminárias existentes no *campus* de Maruípe possuem lâmpadas de vapor metálico de 250 W e lâmpadas de HID de 70 W e 400 W, não especificando a designação. O Quadro 10 apresenta

a perda no reator que essas lâmpadas possuem de acordo com a potência da lâmpada acionada e o tipo.

Quadro 10 – Perdas nos reatores

Tipo	Potência	Perdas (W)
HID	70 W	14
Vapor Metálico	250 W	25
HID	400 W	37.5
Nota: para os valores das perdas nas lâmpadas de HID foi feito uma média entre lâmpadas de vapor metálico e de sódio.		

Fonte: Castro e Luciano (2012).
Nota: Adaptado pelo autor.

De acordo com a Resolução 414 da ANEEL, Art. 24, para fins de faturamento de energia elétrica é considerado um consumo diário de 11h52min, para IP, valor este que foi utilizado para determinar o consumo de energia anual do *campus* de Maruípe (ANEEL, 2010).

Se faz necessário compreender em qual grupo o *campus* de Maruípe está inserido. Por meio de informações fornecidas pela SI da UFES foi informado que o *campus* é um consumidor de energia elétrica classificado como A3a, com atendimento de 34,5 kV, enquadrado na modalidade tarifária verde.

De acordo com o Art. 64 da Lei nº 9.430, de 27 de dezembro de 1996, o imposto IRPJ, e as contribuições CSLL, COFINS e PIS/PASEP incidem diretamente na fonte, quando órgãos, autarquias e fundações da administração pública federal realizam pagamentos pela prestação de serviços (BRASIL, 1996). Considerando a alíquota definida em Lei Estadual Lei nº 7000 (2001) o ICMS de 25% incide sobre o fornecimento de energia elétrica. O PIS e COFINS, não serão considerados nesta análise por sofrerem alterações mensais em virtude da aplicação do regime da não cumulatividade (EDP, 2019).

O valor da tarifa com tributos é calculado como apresentado em (4).

$$Tarifa_{corrigida} = \frac{Tarifa_{ANEEL}}{1 - (PIS + CONFINS + ICMS)} \quad (4)$$

Onde:

$Tarifa_{corrigida}$ = Tarifa com tributos (R$/kWh).

$Tarifa_{ANEEL}$ = Tarifa segundo a Resolução Homologatória nº 2.589 da ANEEL (R$/kWh).

Considerando o subgrupo A3a e a modalidade tarifária verde, segundo a Resolução Homologatória nº 2.589 da ANEEL, de 6 de agosto de 2019, as tarifas do uso do sistema de distribuição (TUSD) e tarifas de energia (TE), de acordo com o período Ponta (18h às 21h) e Fora Ponta (restante do dia), são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Tarifas modalidade verde, subgrupo A3a

Posto	**Tarifa do uso do sistema de distribuição (TUSD) (R$/kWh) – sem tributos**	**Tarifa do uso do sistema de distribuição (TUSD) (R$/kWh) – com tributos**	**Tarifa de energia (TE) (R$/kWh) – sem tributos**	**Tarifa de energia (TE) (R$/kWh) – com tributos**
Ponta	0,99969	1,33292	0,40283	0,53711
Fora-Ponta	0,08350	0,11133	0,23765	0,31686

Fonte: ANEEL (2019).
Nota: Adaptado pelo autor.

Com essas informações é possível calcular o custo de energia elétrica consumida pela IP e apresentar o cenário atual do *campus* de Maruípe, conforme disposto na Tabela 3.

O cálculo da energia consumida, é realizado como apresentado em (5).

$$E_{consumida} = P_{instalada} * t \tag{5}$$

Onde:

$E_{consumida}$ = Energia consumida (kWh).

$P_{instalada}$ = Potência instalada (kW).

t = Tempo de utilização (h).

Para o cálculo da tarifa final mensal como apresentado em (6), para fins de cálculo um mês terá 30 dias, sendo 8 dias de finais de semana e 22 úteis, e o funcionamento das lâmpadas será de 12h diárias. Neste período, 3h pertencem ao posto tarifário ponta e 9h ao posto tarifário fora ponta, isso em dias úteis. Aos finais de semana às 12h pertencem ao posto tarifário fora ponta.

$$\begin{aligned} Tarifa_{final_mensal} \\ &= 22\ (dias) \\ &* \{3\ (h) * [TUSD(P) + TE(P)] + 9\ (h) \\ &*\ [TUSD(FP) + TE(FP)]\} + \{8\ (dias) * 12\ (h) \\ &* [TUSD(FP) + TE(FP)]\} \end{aligned} \tag{6}$$

Onde:

TUSD (P) = Tarifa do uso do sistema de distribuição no período ponta (com tributos).
TE (P) = Tarifa de energia no período ponta (com tributos).
TUSD (FP) = Tarifa do uso do sistema de distribuição no período fora ponta (com tributos).
TE (P) = Tarifa de energia no período fora ponta (com tributos).

Calculando o custo mensal, como apresentado em (7).

$$Custo_{mensal} = P_{instalada} * Tarifa_{final_mensal} \tag{7}$$

Onde:

$P_{instalada}$ = Potência instalada (kW).
$Tarifa_{final_mensal}$ = Tarifa mensal final (R$/kW).

Os resultados são apresentados na Tabela 3, com destaque para os custos de energia elétrica para um período mensal e anual.

Tabela 3 – Cenário atual da IP do campus de Maruípe

Cenário Atual	
Energia consumida	
Potência Instalada (kW)	69,33
Tempo de utilização anual (h)	4.380
Energia consumida mensal (kWh)	25.305,45
Energia consumida anual (kWh)	303.665,4
Tarifas com tributos	
Tarifa TUSD + TE: R$ / kWh (FP)	0,42819
Tarifa TUSD + TE: R$ / kWh (P)	1,87003
Tarifa Final mensal (R$ / kWh)	249,31
Custos com energia elétrica com tributos	
IP do *campus* de Maruípe (R$) - mensal	17.284,66
IP do *campus* de Maruípe (R$) - anual	207.415,94

Fonte: Produção do próprio autor.

4.2 Cenário proposto com tecnologia LED

No projeto luminotécnico realizado pela SI, foi proposto o seguinte cenário, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Cenário proposto da iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do campus de Maruípe

Potência Instalada em Maruípe - Proposta			
Tipo	**Quantidade**	**Potência (W)**	**Total de potência instalada por tipo (W)**
Luminária 4 metros	149	60	8.940
Luminária 7 metros	106	119,4	12.656,4
Luminária 12 metros	7	180	1.260
		Total	22856,4

Fonte: Produção do próprio autor.

Conforme as tabelas fornecidas pela norma NBR 5101, considerando que em determinados horários o fluxo de veículos aumenta, a SI definiu a categoria V4 de vias locais com volume de tráfego médio para realizar as simulações, onde a norma estabelece requisitos de iluminância média mínima de 10 lux e o fator de uniformidade mínimo de 0,2. Para as vias destinadas aos pedestres, a classificação do tráfego foi definida como média, considerando o fluxo nos horários de pico. A classe de iluminação foi identificada como P3, que diz respeito às vias de uso noturno moderado por pedestres. A norma ainda estabelece 5 lux de iluminância média e 0,2 como fator de uniformidade mínimo para este tipo de via. Para permitir o mínimo de orientação, a norma estabelece o valor mínimo de 1 lux sobre a superfície da via.

Seguindo as orientações da norma, com auxílio do *software* DIALux, as simulações dos projetos de iluminação das vias de circulação do anel viário, acessos e estacionamentos do *campus* de Maruípe, foram realizadas juntamente com as modificações que os Arquitetos e Engenheiros da SI identificavam ser necessárias. Dessa forma, foi possível propor por completo um sistema de iluminação que atendesse aos requisitos mínimos da NBR 5101.

Nas simulações realizadas foi possível verificar que o sistema de IP do *campus* estava mal dimensionado, existiam locais com excesso de iluminação e outros apagados. Para atender os requisitos mínimos da norma foram adicionados 37 pontos de iluminação. O resultado fez com que mesmo aumentando os pontos de iluminação a potência instalada fosse reduzida, pois, para o cenário proposto, é utilizada a tecnologia LED, muito mais eficiente que as demais tecnologias encontradas no mercado atual.

Considerando os valores da Ata de Registro de Preços nº 017/2018 proveniente do Pregão Eletrônico SRP nº 002/2018 da UFES. É possível estimar o custo com fornecimento e instalação de postes e luminárias LED, apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Custos com fornecimento e instalação de novos postes e luminárias LED e retirada dos postes e luminárias antigas

Especificação	Quant.	Preço unitário (R$)	Preço total (R$)
Postes, altura de 4m - Fornecimento e instalação	149	425,43	63.389,07
Postes, altura de 6m - Fornecimento e instalação	106	1021,54	108.283,24
Postes, altura de 7m - Fornecimento e instalação	7	2.000,8	14.005,6
Luminária LED mín. 50 W e máx. 65W - Fornecimento e instalação	149	737,62	109.905,38
Luminária LED máx. 120W - Fornecimento e instalação	106	929,35	98.511,1
Luminária LED máx. 200W - Fornecimento e instalação	7	1.041,78	7.292,46
Retirada de poste de aço	34	23,56	801,04
Retirada de poste e base de concreto	63	222,53	14.019,39
Retirada do projetor	128	8,18	1.047,04
		Total (R$)	417.254,32

Fonte: Repke (2019).
Nota: Adaptado pelo autor.

Assim, é possível calcular o custo de energia elétrica consumida pela IP, utilizando luminárias LED, conforme disposto na Tabela 6. Para o preenchimento da Tabela 6 foram utilizados (5), (6) e (7).

Tabela 6 – Cenário proposto da iluminação do anel viário, acessos e estacionamentos do campus de Maruípe, utilizando luminárias LED

Cenário Proposto	
Energia consumida	
Potência Instalada (kW)	22,85
Tempo de utilização anual (h)	4.380
Energia consumida mensal (kWh)	8340,25
Energia consumida anual (kWh)	100083,00
Tarifas sem tributos	
Tarifa TUSD + TE: R$ / kWh (FP)	1,40252
Tarifa TUSD + TE: R$ / kWh (P)	0,32115
Tarifa Final mensal (R$ / kWh)	249,31
Custos com energia elétrica sem tributos	
IP do *campus* de Maruípe (R$) - mensal	5.696,73
IP do *campus* de Maruípe (R$) - anual	68.360,80

Fonte: Produção do próprio autor.

Com base nestes cálculos, pode-se verificar que a economia mensal com a substituição do sistema de iluminação atual pelo proposto, com luminárias LED, é de R$ 11.587,92. Sendo que a estimativa de investimento com postes e luminárias será de R$ 417.254,32, como apresentado no Quadro 15.

4.3 Cenário proposto com tecnologia LED e telegestão

Considerando a implementação da telegestão no sistema apresentado com luminárias LEDs, salientando a necessidade das luminárias serem compatíveis com a utilização desta tecnologia, os resultados obtidos serão apresentados a seguir.

A fim de atender os requisitos mínimos da norma NBR 5101 e da resolução 414 da ANEEL, pode-se reduzir o fluxo luminoso das luminárias em 40% em horários de pouco ou nenhum tráfego de veículos e pedestre (NOGUEIRA et al., 2014).

Para o cálculo de custos com as luminárias LED e o sistema de telegestão, serão considerados ajustes onde a luminária terá 100% do fluxo luminoso das 18h às 00h. É importante salientar que nesse período o seu funcionamento será de 50% em posto tarifário ponta (18h às 21h) e 50% em posto tarifário fora ponta (21h01min às 00h) em dias úteis, e aos finais de semana, 100% do horário em posto tarifário fora ponta. Já de 00h às 6h do dia seguinte o fluxo luminoso das luminárias é reduzido em 40%.

A tarifa mensal com 100% do fluxo luminoso pode ser calculada, como apresentado em (8).

$$\begin{aligned} Tarifa_{mensal_100_fluxo} &= 22 \\ &* \{3 * [TUSD(P) + TE(P)] + 3 \\ &* \ [TUSD(FP) + TE(FP)]\} + \{8 * 6 \\ &* [TUSD(FP) + TE(FP)]\} \end{aligned} \tag{8}$$

E o custo mensal com 100% do fluxo luminoso será calculado, como apresentado em (9).

$$Custo_{100_fluxo} = P_{instalada_100_fluxo} * Tarifa_{mensal_100_fluxo} \tag{9}$$

Onde:

$P_{instalada_100_fluxo}$ = Potência instalada com 100% do fluxo luminoso (kW).
$Tarifa_{mensal_100_final}$ = Tarifa mensal final com 100% do fluxo luminoso (R$/kW).

Desta forma a tarifa mensal para 100% do fluxo luminoso será R$ 172,23/kWh. E assim, considerando a potência instalada de 22,85kW, o custo mensal com energia elétrica para as luminárias com 100% do fluxo luminoso das 18h às 00h, será de R$3.935,45.

Para o cálculo de custos com as luminárias em 40% do fluxo luminoso, a tarifa mensal é calculada como apresentado em (10).

$$Tarifa_{mensal_40_fluxo} = 30 * 6 * [TUSD(FP) + TE(FP)] \tag{10}$$

Considerando que a potência instalada com fluxo luminoso reduzido em 40% é igual a 13,71kW, os custos serão calculados como apresentado em (11).

$$Custo_{40_fluxo} = P_{instalada_40_fluxo} * Tarifa_{mensal_40_fluxo} \quad (11)$$

Onde:

$P_{instalada_40_fluxo}$ = Potência instalada com fluxo luminoso reduzido em 40% (kW).
$Tarifa_{mensal_40_final}$ = Tarifa mensal final com fluxo luminoso reduzido em 40% (R$/kW).

Desta forma a tarifa mensal para a redução em 40% do fluxo luminoso será R$ 77,07/kWh. E assim, com a potência instalada sendo reduzida, o custo mensal com energia elétrica para as luminárias das 21h01min às 00h, será de R$1.056,62. Totalizando um custo mensal com energia elétrica de R$4.999,07.

Para aquisição de equipamentos de telegerenciamento, se faz necessário encontrar fornecedores que atendam as funcionalidades como monitoramento da IP, controle remoto do estado de operação, redução controlada de fluxo luminoso (dimerização) da luminária e medição de variáveis de interesse (PORTO ALEGRE, 2018). O Quadro 11, apresenta orçamentos com três fornecedores distintos, T1, T2 e T3.

Quadro 11 – Orçamentos obtidos dos fornecedores de equipamentos de telegestão

Orçamentos de sistema de telegestão			
Fornecedor	T1	T2	T3
Aquisição e instalação por ponto	R$495,00	R$557,86	R$419,67

Fonte: Porto Alegre (2018).
Nota: Adaptado pelo autor.

Outro dado relevante para a análise é o valor médio anual gasto com o Centro de Controle Operacional e a manutenção da rede que, por ponto de iluminação, é de R$153,84 (VITORIALUZ, 2015).

Considerando os valores do fornecedor T3, por se tratar do menor valor e possuir todas as funcionalidades exigidas a um custo de R$419,67, para aquisição e instalação dos

equipamentos de telegestão, e o valor de R$153,84 para o centro de controle operacional e manutenção, para 262 luminárias, o investimento será de R$150.259,62.

4.4 Análise econômica

Analisando os cenários propostos, as Tabelas 8, 9 e 10 apresentam a economia fornecida por cada implementação.

A Tabela 7, que retrata o cenário onde ocorre a troca das luminárias atuais por luminárias LED, apresenta uma redução de R$ 139.055,14 no consumo com energia elétrica, porém para a análise, deve-se levar em consideração a aquisição dos equipamentos e instalação, que como apresentado anteriormente é de R$ 417.254,32.

Tabela 7– Economia gerada nos custos com energia elétrica pela implementação de luminárias LED

Cenário	Custo com energia elétrica na IP (R$) - anual	Economia dos custos com energia elétrica (R$)
Atual	207.415,94	139.055,14
Proposto LED	68.360,80	

Fonte: Produção do próprio autor.

A Tabela 8, que retrata o cenário onde ocorre a implementação do sistema de telegestão em luminárias LED já instaladas, apresenta uma redução de R$ 8.371,96 no consumo com energia elétrica, porém para análise, deve-se levar em consideração a aquisição dos equipamentos e instalação do sistema de telegestão, que como apresentado anteriormente é de R$150.259,62.

Tabela 8 – Economia gerada nos custos com energia elétrica pela implementação de telegestão em luminárias LED já existentes

Cenário	Custo com energia elétrica na IP (R$) - anual	Economia dos custos com energia elétrica (R$)
Proposto LED	68.360,80	8.371,96
Proposto Telegestão	59.988,84	

Fonte: Produção do próprio autor.

A Tabela 9, que retrata o cenário onde é implementado simultaneamente as luminárias LED e o sistema de telegestão, apresenta uma redução de R$ 147.427,10 no consumo com energia elétrica, porém para a análise, deve-se levar em consideração a aquisição dos equipamentos e instalação do sistema LED e telegestão, que como apresentado anteriormente será de R$ 567.513,94.

Tabela 9 – Economia gerada nos custos com energia elétrica pela implementação de luminárias LED e telegestão simultaneamente

Cenário	Custo com energia elétrica na IP (R$) - anual	Economia dos custos com energia elétrica (R$)
Atual	207.415,94	147.427,10
Proposto LED + Telegestão	59.988,84	

Fonte: Produção do próprio autor.

A análise de viabilidade visa obter indicadores que recomendam ou não o investimento no objeto da análise. Exemplos de métodos atuais de avaliação são o *payback*, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) (CECCONELLO; AJZENTAL, 2008). Tais ferramentas são importantes para analisar a viabilidade de um investimento, trazendo informações relevantes para a tomada de decisão, diminuindo o risco e oferecendo maior segurança na análise do projeto.

4.4.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Um projeto sempre busca uma taxa no mínimo igual ou maior ao que mercado paga. Caso contrário, não se torna rentável o investimento em determinado projeto. A taxa mínima de atratividade (TMA) é a melhor taxa, que apresenta baixo grau de risco, onde o capital em análise deve ser aplicado. Desta forma, o investimento possui duas possibilidades: ser feito a uma TMA ou no projeto (SOUZA; CLEMENTE, 2004).

Uma das taxas mínimas geralmente utilizadas é a SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) que é a taxa básica de juros da economia no Brasil, que atualmente é de 5% ao ano (EXAME, 2019). Assim, para este estudo de viabilidade a TMA será de 5% ao ano.

4.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é considerado a ferramenta mais eficiente e mais utilizada na análise de investimentos. Ele é a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero, usando-se como taxa de desconto a TMA. Se o resultado desse somatório for positivo, o projeto deve ser aprovado e, caso for negativo, o mesmo deve ser rejeitado (SOUZA; CLEMENTE, 1997). O VPL é calculado como apresentado em (12).

$$VPL = \sum_{t=0}^{n} \frac{FC_n}{(1+i)^t} \tag{12}$$

Onde:

t = período (anos ou meses).
n = tempo total do projeto (anos ou meses).
i = Taxa Mínima de Atratividade (TMA).
FC = fluxo de caixa por período.

A Tabela 10 apresenta os resultados do VPL para cada cenário proposto nesse projeto, considerando um período de 15 anos, à 5% ao ano.

Tabela 10– Cálculo do VPL do investimento em cada cenário

Cenário	VPL (15 anos)
LED	R$ 1.026.090,48
Telegestão	- R$ 63.361,54
LED + Telegestão	R$ 962.728,94

Fonte: Produção do próprio autor.

É possível verificar resultados positivos nos cenários propostos onde ocorrem a substituição das lâmpadas atuais por tecnologia LED e quando se realiza essa mudança concomitantemente com o sistema de telegestão, o que viabiliza a implementação do projeto nesses dois casos. Diferentemente do que ocorre quando em luminárias LED já existentes é realizada a implementação do sistema de telegestão, onde o resultado apresentado é negativo, tornando assim o projeto inviável.

4.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa equivalente a zero. Para decidir se um projeto é viável, utilizando a TIR deve-se analisar se TIR > TMA, se sim, o projeto será viável, caso contrário, o projeto deve ser considerado inviável (SOUZA; CLEMENTE, 1997). A TIR é calculada como apresentado em (13).

$$VPL = \sum_{t=0}^{n} \frac{FC_n}{(1 + TIR)^t} = zero \tag{13}$$

Onde:

t = período (anos ou meses).
n = tempo total do projeto (anos ou meses).
TIR = Taxa Interna de Retorno.
FC = fluxo de caixa por período.

A Tabela 11 apresenta os resultados das TIR para cada cenário proposto nesse projeto, considerando um período de 15 anos.

Tabela 11 – Cálculo da TIR do investimento em cada cenário

Cenário	TIR (ao ano)
LED	32,86%
Telegestão	-2,16%
LED + Telegestão	25,07%

Fonte: Produção do próprio autor.

A TIR é superior TMA quando ocorrem a substituição das lâmpadas atuais por tecnologia LED e quando se realiza essa mudança concomitantemente com o sistema de telegestão, assim nesses cenários o projeto irá gerar um retorno anual maior do que com a TMA, se tornando viável a implementação desses dois casos. Quando a telegestão é implementada em um sistema de luminárias LED já existente, a TIR é inferior à TMA, assim esse cenário é considerado inviável.

4.4.4 *Payback*

A partir do custo de implantação e da economia mensal, pode-se obter a curva de retorno do investimento (SOUZA; CLEMENTE, 1997). O *payback* do sistema proposto é calculado como apresentado em (14).

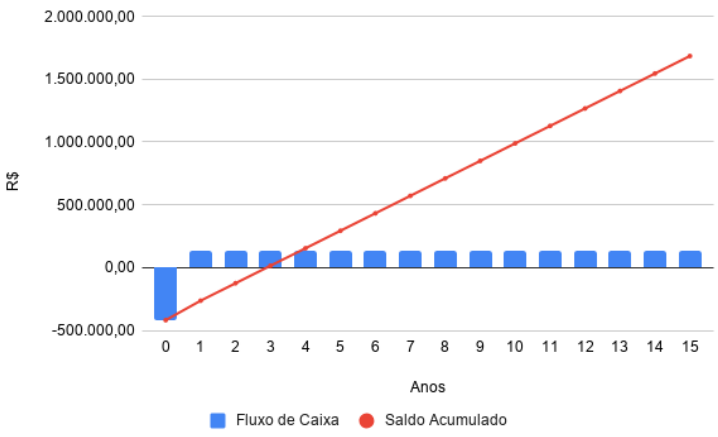
$$Pb = \frac{I_n}{E_c} \tag{14}$$

Onde:

Pb = tempo de *payback* (ano).
In = custo de investimento (R$).
Ec = economia anual após implementação (R$/ano).

Assim, é possível verificar que com a implementação de luminárias LED, o saldo acumulado torna-se positivo após 3 anos como apresentado no Gráfico 4.

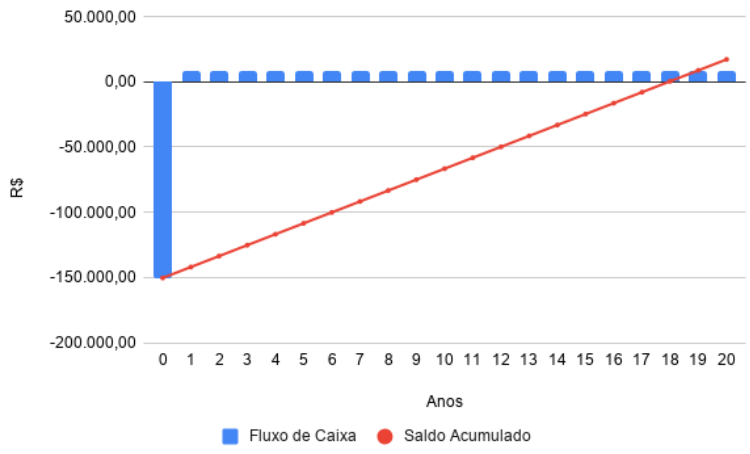
Gráfico 4 – Retorno de investimento implementação de luminárias LED



Fonte: Produção do próprio autor.

Para a proposta de implementação de sistema em telegestão em luminárias LED já existentes o saldo acumulado torna-se positivo após 17,94 anos, como apresentado no Gráfico 5. Tornando-se economicamente inviável, pois o tempo de vida útil do sistema de telegestão é em torno de 12 anos (GOIATUBA, 2016).

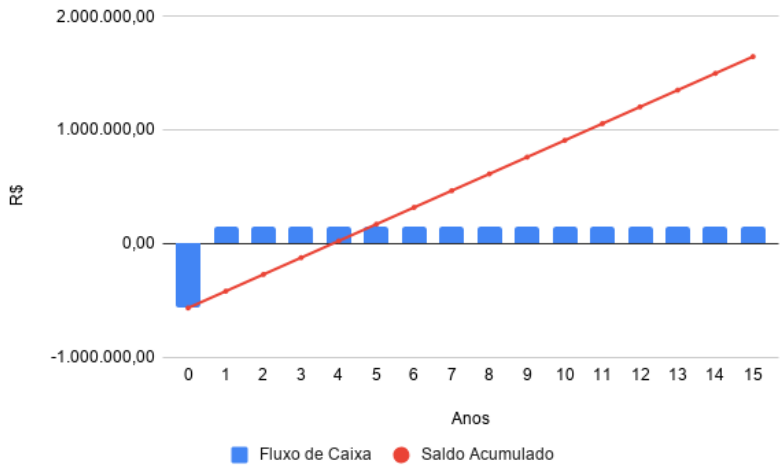
Gráfico 5 – Retorno de investimento implementação de telegestão em luminárias LED já existentes



Fonte: Produção do próprio autor.

Para a proposta de implementação simultaneamente de luminárias LED e sistema de telegestão o saldo acumulado torna-se positivo após 3,84 anos, tornando-se economicamente viável, como apresentado no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Retorno de investimentos em implementação de luminárias LED e telegestão simultaneamente



Fonte: Produção do próprio autor.

4.5 Conclusões

Neste capítulo, foram estimados os gastos com energia elétrica do cenário atual do *campus* de Maruípe da UFES, e as possíveis despesas nos cenários propostos. Assim, foi possível

verificar as economias geradas pela implementação de cada proposta e como consequência analisar a viabilidade econômica dessas novas tecnologias.

Por meio das ferramentas utilizadas para análise de viabilidade, foi possível afirmar que o investimento só se mostrou rentável, nos cenários onde é realizada a troca das lâmpadas atuais por tecnologia LED e quando ocorre a implementação de um sistema de telegestão concomitantemente com a mudança das luminárias.

Quando a implementação do sistema de telegestão é feito onde já possui tecnologia LED, o VPL não demonstra economia nos 15 anos analisados, a TIR é um valor inferior à taxa mínima de atratividade e o *payback* é superior ao tempo de vida útil do sistema de telegestão, tornando esse cenário inviável, em todos os métodos de avaliação utilizados.

5 CONCLUSÕES

Este projeto apresentou as vantagens das novas tecnologias existentes no mercado atual, relacionando as luminárias LEDs às lâmpadas convencionais e à implementação de um sistema de telegestão. A união de luminárias LEDs com sistema de telegestão vem sendo utilizado em grandes projetos de IP tanto no Brasil, como no mundo. Muitas cidades tem adotado as novas tecnologias comprovando as reduções no consumo de energia elétrica e a melhoria na qualidade da iluminação para a população.

Em especifico no *campus* de Maruípe da Universidade Federal do Espírito Santo, verificou-se com os cálculos da análise econômica do projeto que, com a substituição das lâmpadas atuais pelas lâmpadas de LED, é possível proporcionar uma economia de energia de 203,58 MWh/ano. Assim, o desembolso anual com a fatura de energia elétrica é reduzido em R$ 139.055,14. Por meio da análise de viabilidade econômica, foi possível comprovar uma economia de R$ 1.026.090,48 em um período de 15 anos, apresentando um retorno de investimento em 3 anos, que quando comparada com a vida útil das luminárias LED em questão, torna-se viável e aconselhável realizar essa mudança. Além de apresentar um TIR superior a TMA, onde o projeto proposto irá gerar um retorno anual de 32,86%.

Considerando que as luminárias LEDs já estão instaladas e em pleno funcionamento de suas atividades, analisando um cenário com a inserção de telegerenciamento a este sistema já existente, a economia não será tão significativa, em torno de R$8.371,96 anual, apresentando um retorno de investimento em 17,94 anos, o que não o torna tão interessante, pois o valor da vida útil dos sistemas em questão é menor que o valor do *payback*. Além de em um período de 15 anos, possuir um saldo negativo de R$ 63.361,54 e uma TIR de -2,16% ao ano, inferior a TMA. É importante salientar que a telegestão não foi vantajosa nesse cenário por se tratar de uma quantidade pequena de pontos, 262 apenas. Quando implementada em grandes cidades que possuem muitos pontos de IP, como Buenos Aires, por exemplo, que tem em média mais de 150 mil pontos, a telegestão se apresenta rentável.

Um cenário mais atrativo fica por conta da implementação realizada simultaneamente das luminárias LEDs e do sistema de telegestão, já que a economia anual chega a R$ 147.427,10, no estudo de caso apresentado, com um retorno de investimentos em 3,84 anos, uma

economia de R$ 962.728,94 em um período de 15 anos e uma TIR de 25,07% ao ano. Constatando que a melhor opção para implementação do sistema de telegestão neste caso em específico, é realizar a aquisição e instalação de luminárias LED e sistema de telegestão concomitantemente.

Essas propostas apresentadas se mostram como possíveis soluções para esse novo cenário da IP no Brasil. Por meio de investimentos no setor, é possível obter um significante retorno. Como demonstrado ao longo desse projeto, é possível usufruir de uma IP de alta qualidade, fornecendo à população conforto e segurança sem que isso se torne um transtorno financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ADUFES - Associação dos Docentes da Universidade Federal do Espírito Santo. **Centro de Ciências da Saúde (CCS) sofre com insegurança**. Vitória, 2017. Disponível em: https://www.adufes.org.br/portal/noticias/37-adufes/2031-centro-de-ciencias-da-saude-ccs-sofre-com-inseguranca.html. Acesso em: 18 nov. 2019.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Light's Labour's Lost**. **Policies for Energy-efficient Lighting.** France, 2006. Disponível em: https://www.iea.org/news/lights-labours-lost-policies-for-energy-efficient-lighting. Acesso em: 28 jan. 2020.

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: https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0. Acesso em: 24 out. 2019.

_____. Resolução Homologatória nº 2.589 de 07 de agosto de 2019. **Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2019, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD aplicáveis aos consumidores e aos usuários da EDP ES.** Brasília, 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/654778/19224298/Info++Agosto+2019.pdf/dba23e30-e045-cfa3-44dc-5ccb6222725c. Acesso em: 02 nov. 2019.

BLEY, F. B. **LEDs versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca**. Curitiba: Especialize, 2012. Disponível em: https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n3-2012/leds-versus-lampadas-convencionais/. Acesso em: 10 out. 2019.

BOURGUIGNON, N. **Ufes investe R$ 18 milhões e constrói 3ª maior usina solar do país.** A Gazeta, 2019. Disponível em: https://www.agazeta.com.br/es/economia/ufes-investe-r-18-milhoes-e-constroi-3-maior-usina-solar-do-pais-1019. Acesso em: 18 nov. 2019

BRASIL. Lei nº 9.430, de 27 de dezembro de 1996. **Dispõe sobre a legislação tributária federal, as contribuições para a seguridade social, o processo administrativo de consulta e dá outras providências**. Brasília, 1996. Disponível em: http://www.normaslegais.com.br/legislacao/tributario/lei9430.htm. Acesso em: 07 nov. 2019.

CASTRO, F. N.; LUCIANO, B. A. Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 4., 2012, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: 2012. Disponível em: http://www.swge.inf.br/anais/sbse2012/PDFS/ARTIGOS/96747.PDF. Acesso em: 24 out. 2019.

CECCONELLO, A. R; AJZENTAL, A. **A construção do plano de negócio**. São Paulo: Saraiva, 2008.

COPEL. Companhia Paraense de Energia. **Manual de Iluminação Pública,** Paraná, 2018. Disponível em: https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf. Acesso em: 28 jan. 2020.

DE PAULA, F. **Alunos do campus de Maruípe da Ufes são vítimas de assaltos**. G1, 2016. Disponível em: http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2016/06/alunos-do-campus-de-maruipe-da-ufes-sao-vitimas-de-assaltos.html. Acesso em: 18 nov. 2019.

EDP. **Informativo EDP São Paulo Distribuição de Energia S/A**. São Paulo. 2019. Disponível em: https://www.edp.com.br/distribuicao-sp/saiba-mais/informativos/icms. Acesso em: 07 nov. 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: 14 set. 2019.

ES – Espírito Santo. Lei nº 7000, de 27 de dezembro de 2001. **Dispõe sobre o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS, e dá outras providências.** Espírito Santo, 2001. Disponível em: http://www.sefaz.es.gov.br/LegislacaoOnline/lpext.dll/InfobaseLegislacaoOnline/leis/2001/lei%20n.%B0%207.000.htm?fn=document-frame.htm&f=templates&2.0. Acesso em: 07 nov. 2019.

EXAME. **Selic cai para 5% ao ano. Veja quanto rendem R$ 5 mil.** São Paulo, 2019. Disponível em https://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/selic-cai-para-5-ao-ano-veja-quanto-rendem-r-5-mil/. Acesso em: 02 dez. 2019.

FREITAS, L. Mais investimentos na iluminação pública. **Lumière Eletric – Instalações e Materiais Elétricos**, São Paulo, ed. 23, p. 36-40, fev. 2018.

_____. Beleza Urbana Eficiente. **Lumière Eletric – Instalações e Materiais Elétricos**, São Paulo, ed. 204, p. 36-40, abr. 2015.

GOIATUBA, PREFEITURA. **Anexo XI – Plano de negócio de referência**. 2016. Disponível em: http://www.goiatuba.go.gov.br/documentos/editais/prefeitura/2016/Consulta%20Publica% 200 01-2016/ANEXO%20Xl%20-%20PLANO%20DE%20REFERENCIA%20DE%20NEGOCIO.pdf. Acesso em: 02 dez. 2019.

ILUMINATIC. **Luminária Série ARES até 240 W**. 2019. Disponível em: http://www.ilumatic.com.br/produtos.asp?codCategoria=40&codSubCategoria=103. Acesso em: 02 dez. 2019.

LO, Y.; HUANG, K.; LEE, X.; SUN, C. **Microelectronics Reliability** : Optical design of a Butterfly lens for a street light based on a double-cluster LED. 5. ed. Kidlington: Elsevier, 2012. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026271411001314. Acesso em: 10 de out. de 2019.

LOPES, L. B. **Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública**. 2014. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010665.pdf. Acesso em: 17 dez. 2019.

MAGALHÃES, V. **Projeto de nova iluminação pública para Vila Velha**. Prefeitura de Vila Velha, 2018. Disponível em: http: http://www.vilavelha.es.gov.br/noticias/2018/09/projeto-de-nova-iluminacao-publica-para-vila-velha-24443. Acesso em: 02 dez. 2019.

_____. **Prefeito apresenta aos vereadores projeto de melhoria da iluminação pública**. Prefeitura de Vila Velha, 2019. Disponível em: http://vilavelha.es.gov.br/noticias/2019/10/prefeito-apresenta-aos-vereadores-projeto-de-melhoria-da-iluminacao-publica-27175. Acesso em: 02 dez. 2019.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Iluminação Pública Municipal – Programas e Políticas Públicas: Orientações para Gestores Municipais.** Editorial. Brasília, 2018. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/Livreto+Ilumina%C3%A7%C3%A3o+P%C3%BAblica_2018_02_19.pdf/b47c5c44-eebd-4556-ab10-53a1bbba1a42. Acesso em: 12 out. 2019.

MUSSE, V. **Luminarias inteligentes: bajó de 22 a 4,5 días el tiempo de reparación en Buenos Aires**. 2019. Disponível em: https://www.lanacion.com.ar/buenos-aires/luminarias-inteligentes-bajo-22-45-dias-tiempo-nid2247034. Acesso em: 15 out. 2019.

NOGUEIRA, F. J. **Avaliação Experimental de Luminárias Empregando LEDs Orientadas à Iluminação Pública.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

NOGUEIRA, F. J.; MELLO, I. D.; GOUVEIA, L. H.; CASAGRANDE C. G.; BRAGA, H. A. C.; PINTO D. P. Avaliação de um Sistema de Telegerenciamento empregando Luminárias LED de Iluminação Pública. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 20, 2014, Belo Horizonte. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática**. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 2014, p. 2763-2770.

PALENCIA, PREFEITURA. **Palencia se convierte en referente nacional y europeo al aplicar la telegestión y la tecnología LED en la renovación de su alumbrado público**. 2013. Disponível em: https://www.aytopalencia.es/node/2447. Acesso em: 13 out. 2019.

PIETRO, L. W.; BALVEDI, N. M. W.; GIGLIO, T. G. F. Análise de soluções de eficiência energética para o sistema de iluminação de salas de aula em edificação pública. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2018, p. 254-263.

PINTO, R. A. **Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores Empregando Diodos Emissores de Luz (LED**s). 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8458/RAFAELADAIMEPINTO.pdf. Acesso em: 12 out. 2019.

PORTO ALEGRE, PREFEITURA. **Plano de investimentos e operação**. 2018. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/ppp/usu_doc/3__plano_investimentos_e_operacoes.pdf. Acesso em: 16 nov. 2019.

PRIETO, M. **La telegestión del alumbrado público una realidad de éxito**. 2016. Disponível em: https://smart-lighting.es/telegestion-alumbrado-publico-citytouch/. Acesso em: 13 out. 2019.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

REPKE, G. [**Ata de Registro de Preços nº 017/2018**]. Destinatário: Lorenna Ferreira Novelli. Vitória, 25 nov. 2019. 1 e-mail.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. Disponível em: http://www.ufjf.br/nimo/files/2013/06/TESE-Cl%C3%A1udio-Rodrigues.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

ROSITO, L. H. Desenvolvimento da Iluminação pública no Brasil. **O Setor Elétrico**, p. 30-32, jan. 2009.

_____. **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/wpcontent/uploads/documentos/fasciculos/Ed-155-Fasciculo-Capitulo-XII-Iluminacao-publica-ABNT-NBR-5101.pdf. Acesso em: 09 jul. 2019.

SANTA LUZIA, PREFEITURA. **Relatório de engenharia da rede de iluminação pública de Santa Luzia - MG**. 2019. Disponível em: https://www.santaluzia.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2019/08/Caderno-2-Relat%C3%B3rio-de-Engenharia.pdf. Acesso em: 13 out. 2019.

SERRA, PREFEITURA. **Prefeitura vai investir mais de R$ 4 milhões em iluminação**. 2019. Disponível em: http://www.serra.es.gov.br/noticias/prefeitura-vai-investir-mais-de-r-4-milhoes-em-iluminacao. Acesso em: 17 dez. 2019.

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/ppe/production/tesis/llfroes.pdf. Acesso em: 14 set. 2019.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

_____. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1997.

TRIBUNA ONLINE. **Ufes suspende ajudas de custo, uso de ar condicionado e restringe diárias.** Vitória, 2019. Disponível em: https://tribunaonline.com.br/ufes-suspende-ajudas-de-custo-uso-de-ar-condicionado-e-restringe-diarias. Acesso em: 18 nov. 2019.

UCCI – UNIÃO DAS CIDADES CAPITAIS IBERO-AMERICANAS. **Buenos Aires, primera capital latinoamericana con iluminación pública 100 % led**. 2019. Disponível em: https://ciudadesiberoamericanas.org/buenos-aires-primera-capital-latinoamericana-con-iluminacion-publica-100-led/. Acesso em: 13 out. 2019.

UFES – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Campus de Maruípe.** Vitória, 2019. Disponível em: http://www.ufes.br/campus-de-maruípe. Acesso em: 24 out. 2019.

_____. **Ufes economiza cerca de R$ 3 milhões em período de férias.** Vitória, 2016. Disponível em: http://www.ufes.br/conteudo/ufes-economiza-cerca-de-r-3-milh%C3%B5es-em-per%C3%ADodo-de-f%C3%A9rias. Acesso em: 18 nov. 2019.

VASCONCELLOS, L.; LIMBERGER, M. **Iluminação Eficiente** - Inciativas da Eletrobras, Procel e Parceiros. Rio de Janeiro: Eletrobras, Procel. 2013.

VITORIALUZ. **Análise de viabilidade**: PPP de iluminação pública de Vitória. Vitória, 2015. 1 planilha orçamentária. Excel por Windows 10.

WEGO – World Smart Sustainable Cities Organization. **Smart Street Lighting Management System**. 2015. Disponível em: http://we-gov.org/catalog/?ckattempt=1&mod=document&uid=642. Acesso em: 15 out. 2019.