

**REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE LÂMPADAS TIPO LED
NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA CIDADE DE CARATINGA - MG**

KÁSSIO DE OLIVEIRA BATISTA

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

KÁSSIO DE OLIVEIRA BATISTA

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE LÂMPADAS TIPO LED
NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA CIDADE DE CARATINGA - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga Rede Doctum como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Joildo Fernandes Costa Junior.

Caratinga/MG

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

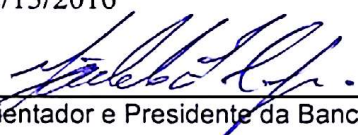
ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE LÂMPADAS TIPO LED NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE CIDADE DE CARATINGA - MG

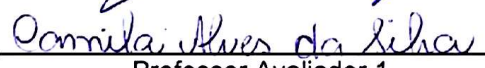
Nome completo do aluno: KASSIO DE OLIVEIRA BATISTA

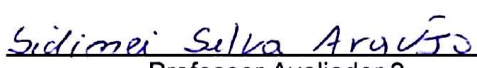
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Joildo Fernandes Costa Junior, Camila Alves Da Silva e Sidinei Silva Araújo, às 07:30 horas do dia 12/13/2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: APROVADO (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: ÓTIMA (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: SIM () NÃO


Caratinga, 12/13/2016


Professor Orientador e Presidente da Banca


Professor Avaliador 1


Professor Avaliador 2


Aluno(a)


Coordenador(a) do Curso

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, por ser essencial em minha vida, aos meus familiares pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis. Dedico também aos orientadores do projeto pela paciência, orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, aos meus pais, minhas irmãs e todos aos meus familiares que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que chegasse a ao fim desta etapa da minha vida. A todos os professores do curso, que foram importantes na minha formação acadêmica e no desenvolvimento desta monografia, em especial aos orientadores responsáveis pela realização deste trabalho. Muito obrigado a todos.

Agradecimentos especiais à minha família ...

“A persistência é o caminho do êxito.”
(CHARLES CHAPLIN)

BATISTA, Kássio de Oliveira. **Estudo de Viabilidade para implementação de lâmpadas tipo LED no sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga - MG.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

Os dispositivos de tecnologia LED estão em grande ascensão no mercado de iluminação, estes dispositivos apresentam aspectos positivos para substituir as lâmpadas a vapores apresentadas atualmente no sistema de iluminação pública da cidade. Os aspectos mais importantes atribuídos a esta tecnologia resulta se na economia com os custos de energia e a redução da necessidade de manutenção do sistema de iluminação pública em comparação com as lâmpadas a vapores. Este trabalho realizou um estudo na viabilidade na substituição de lâmpadas a vapor de mercúrio e de sódio utilizado atualmente no sistema de iluminação pública por lâmpadas de tecnologia LED, implantando este sistema na cidade de Caratinga – MG. No desenvolvimento foram analisadas pesquisas baseadas em catálogos de diversos fabricantes associados as lâmpadas de tecnologia LED vinculando os fatores primordiais de referência ao consumo, durabilidade, eficiência, manutenção e custo. No entanto, como ainda é uma tecnologia nova, para um projeto a Led ser implantado são necessárias análises técnicas e econômicas para viabilizar o retorno do investimento na forma de recurso financeiro ou de benefícios para a população. Devido a baixa pluviosidade nas proximidades dos reservatórios de captação de água, as usinas hidrelétricas ficaram impossibilitadas de se recuperar para um nível considerado confortável para o abastecimento. De fato, resultou no aumento do custo de produção de energia elétrica. Neste contexto, é necessário atribuir novas tecnologia de iluminação que reduzem o consumo energético no país. Para o estudo de caso foi analisado 32 pontos referentes a Avenida Olegário Maciel, centro na cidade de Caratinga - MG. O projeto resultou se pela análise, que o consumo das lâmpadas a vapores no sistema de iluminação acarreta se aproximadamente 218,50% anual a mais em relação ao mesmo a luminária LED. Aplicação do LED no sistema de iluminação da cidade resultara em redução do consumo energético, porem o ideal seria aplicação em pontos turísticos da cidade, como praças e ruas principais devido seu alto custo.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Iluminação Publica; Lâmpadas de LED.

BATISTA, Kássio de Oliveira. **Estudo de Viabilidade para implementação de lâmpadas tipo LED no sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga - MG.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

The LED technology devices are on the rise in the lighting market, these devices have positive aspects to replace the lamps to vapors currently presented in the city's public lighting system. The most important aspects attributed to this technology result in the economy with energy costs and the reduction of the need for maintenance of the public lighting system compared to the lamps to vapors. This work carried out a feasibility study on the replacement of mercury and sodium vapor lamps currently used in the public lighting system by LED light bulbs, implementing this system in the city of Caratinga - MG. In the development, researches based on catalogs of several manufacturers associated with LED technology lamps were analyzed, linking the primordial factors of reference to consumption, durability, efficiency, maintenance and cost. However, since it is still a new technology, for a LED project to be implemented, technical and economic analyzes are necessary to enable the return of investment in the form of financial resources or benefits to the population. Due to the low rainfall near the water catchment reservoirs, the hydroelectric plants were unable to recover to a level considered comfortable for the supply. In fact, it resulted in an increase in the cost of producing electricity. In this context, it is necessary to attribute new lighting technology that reduces energy consumption in the country. For the case study was analyzed 32 points referring to Avenida Olegário Maciel, center in the city of Caratinga - MG. The project resulted from the analysis, that the consumption of the lamps to vapors in the system of illumination entails if approximately 218.50 % more annual in relation to the same the LED luminaire. Application of the LED in the lighting system of the city will result in reduction of energy consumption, but the ideal would be application in tourist places of the city, such as squares and main streets due to its high cost

Key-words: Energy Efficiency; Street lighting; Led lamps.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pontos de iluminação lâmpadas vapor de sódio. Local: Rua João Pinheiro, Centro - Caratinga-MG. FONTE: AUTOR(2016)	17
Figura 2 – Pontos de iluminação lâmpadas vapor de sódio. Local: Rua Dr. José de Paula Maciel, Centro - Caratinga-MG. FONTE: AUTOR(2016)	17
Figura 3 – Ponto de iluminação lampada vapor de mercúrio. Local: Praça Getúlio Vargas, Centro - Caratinga - MG. FONTE: AUTOR(2016)	18
Figura 4 – Lâmpada de LED. FONTE: GE Lighting	22
Figura 5 – LED convencional e seus componentes FONTE: Freitas (2010).	23
Figura 6 – LED de potência e seus componentes. FONTE: Freitas (2010).	24
Figura 7 – Combinações das cores LED. FONTE: Freitas (2010)	24
Figura 8 – Lâmpada de vapor de mercúrio FONTE: Catálogo, Philips (2016)	25
Figura 9 – Característica mecânica de uma lâmpada vapor de mercúrio. FONTE: GUEDES (2010)	25
Figura 10 – Característica mecânica de uma lampada vapor de sódio. FONTE: GUEDES (2010)	26
Figura 11 – Lâmpada de vapor de sódio FONTE: Catálogo, Philips (2010)	27
Figura 12 – Fluxo Luminoso. FONTE: OSRAM (2012).	28
Figura 13 – Eficiência Luminosa. FONTE: OSRAM (2012)	28
Figura 14 – Intensidade Luminosa. FONTE: OSRAM (2012)	29
Figura 15 – Correlação entre lâmpadas, IRC. FONTE: OSRAM (2012)	30
Figura 16 – Potencia fiscalizada. FONTE: ANEEL (2016).	35
Figura 17 – Potência Outorgada FONTE: ANEEL (2016)	36
Figura 18 – Potência Outorgada FONTE: ANEEL (2016).	37
Figura 19 – Consumo iluminação pública no Brasil (GWh). FONTE: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2016)	38
Figura 20 – Consumo iluminação pública em Minas Gerais (GWh). FONTE: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2016)	38
Figura 21 – Lampada a vapor de sódio. FONTE: GE lighting - Catálogo(2016).	44
Figura 22 – Reator para lâmpada a vapor de sódio. FONTE: INTRAL(2016)	44
Figura 23 – Luminária para lâmpada a vapor de sódio. FONTE: HIDRO WATS(2016)	45
Figura 24 – Lâmpada a vapor de mercúrio. FONTE: GE lighting - Catálogo(2016)	46
Figura 25 – Reator para lâmpada a vapor de mercúrio. FONTE: INTRAL(2016)	46
Figura 26 – Luminária para lâmpada a vapor de mercúrio. FONTE: HIDRO WATS(2016)	47
Figura 27 – Luminária de LED. FONTE: ConexLED - Catálogo(2016)	48
Figura 28 – Valor da Luminária LED. FONTE: LED CONEX - ELETROMECAÂNICA IND. E COM. LTDA (2016)	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Empreendimentos em Operação	35
Tabela 2	– Empreendimentos em Construção	36
Tabela 3	– Empreendimentos com Construção não iniciada	37
Tabela 4	– Consumo iluminação pública (GWh)	37
Tabela 5	– Características Lampada a Vapor de Sódio	43
Tabela 6	– Especificações do Reator	44
Tabela 7	– Especificações da Luminária	45
Tabela 8	– Características Lampada a Vapor de Mercúrio	45
Tabela 9	– Especificações do Reator	46
Tabela 10	– Especificações da Luminária	47
Tabela 11	– Características Luminária LED	47
Tabela 12	– Lâmpada de LED x Lâmpada a Vapor de Sódio	49
Tabela 13	– Playback LED x Vapor de Sódio	49
Tabela 14	– Período de Manutenção	49
Tabela 15	– Lâmpada de LED x Lâmpada a Vapor de Mercúrio	50
Tabela 16	– Playback LED x Vapor de Mercúrio	50
Tabela 17	– Período de Manutenção	50
Tabela 18	– Orçamento - Lâmpada a vapor de sódio	51
Tabela 19	– Orçamento - Luminária LED	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMM	Associação Mineira de Municípios
AID	Alta Intensidade Descarga
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
BIG	Banco de Informações de Geração
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
Cd	Grandeza de Intensidade Luminosa
Lm	Grandeza do Fluxo luminoso
ELETRORBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
Lm/W	Eficiência Luminosa.
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IRC	Índice de Reprodução de Cor
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LED	Light Emitting Diode
MG	Minas Gerais
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica)
Kwh	Quilowatt-hora.
Kwh/mês	Quilowatt-hora por mês
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
Twh	Terawatt-hora
UV	Ultra Violeta
Wh	Watt-hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivo Especifico	15
1.3 Justificativa	15
1.4 Estudo de Caso	16
1.5 Metodologia	19
1.6 Descrição dos Capítulos	20
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 Iluminação Pública	21
2.1.1 Lâmpadas tipo LED	22
2.1.2 Lâmpada de descarga	24
2.1.2.1 Lâmpada a vapor de mercúrio	24
2.1.2.2 Lâmpada a vapor de sódio	26
2.2 Conceitos luminotécnicos	27
2.2.1 Potência	27
2.2.2 Consumo Energético	27
2.2.3 Fluxo luminoso	28
2.2.4 Eficiência Luminosa	28
2.2.5 Iluminância ou Iluminamento (E)	28
2.2.6 Intensidade Luminosa	29
2.2.7 Índice de Reprodução de Cor (IRC)	29
2.2.8 Vida Útil, Vida Média e Vida Mediana	30
2.3 Custo x Benefício	30
2.4 Eficiência energética	31
2.5 Tipos de geração de energia elétrica no Brasil	32
2.5.1 Energia Hidrelétrica	32
2.5.2 Energia Eólica	33
2.5.3 Energia termoelétrica	33
2.5.4 Energia nuclear	33
2.5.5 Geração de Energia no Brasil	34
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5 CONCLUSÃO	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ANEXO A Valor da Luminária LED. FONTE: LED CONEX - ELETROMECÂNICA IND. E COM. LTDA (2016)	58
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

Segundo José Fernando Mendes gerente de marketing e produtos da área de Leds e do programa de Eficiência Energética da Philips Lighting na América Latina a iluminação pública é considerada essencial para a qualidade de vida da comunidade, exerce papel fundamental para o desenvolvimento social e econômico dos municípios. Ela exerce influência diretamente sobre a segurança pública dos centros urbanos, pois cria as condições adequadas para o tráfego de veículos e de pedestres, previne a criminalidade e propicia atividades noturnas de lazer, comércio, cultura e outras.

Durante milênios, após a descoberta do fogo, o ser humano dedicou esforços na intenção de desenvolver formas de iluminar que pudesse facilitar suas tarefas diárias. O primeiro recurso foi, naturalmente, o fogo, que produz calor e luz, obtido pela queima de madeira, carvão e outros. As antigas lâmpadas eram fabricadas em cerâmica ou metal, possuíam uma alça para se segurar e um pavio na outra extremidade e utilizavam algum óleo como combustível.

Com o advento do petróleo, o gás passou a ser utilizado na iluminação.

No Brasil nos anos 50 iniciou se a iluminação de ruas por meio do famoso lampião a gás.

As primeiras lâmpadas a utilizarem a eletricidade foram as lâmpadas a arco voltaico. No fim do século XIX, através de Thomas Alva Edison, surgiram as primeiras lâmpadas elétricas incandescentes, que, por se revelarem mais práticas para produzir luz, passaram a ser utilizadas em larga escala (SILVA, 2006).

De acordo com LOPES (2002) a estiagem no país tem promovido consequências mais preocupantes no impacto da produção energética brasileira. Mais de 80% da eletricidade gerada no país é proveniente de hidrelétricas e os reservatórios que abastecem tais usinas que estão com níveis baixos por conta da seca. Resultando nas distribuidoras que recorreram às usinas térmicas, que produzem energia mais custosa que outros métodos gerando também mais poluente.

Com base neste acontecimento a busca por redução de gastos energéticos vem cada vez mais sendo pautados em eventos.

Nesse cenário, a tecnologia LED é abordada como alternativa para sua aplicação no sistema de iluminação pública, proporcionando uma redução no consumo de energia quando comparada aos antigos equipamentos utilizados.

De acordo com o estudo sobre eficiência energética realizado recentemente pela Philips no Brasil, atualmente o País possui 15 milhões de pontos de luz na iluminação pública, com 63% das lâmpadas de sódio e 37% divididos entre lâmpadas de vapor de mercúrio e outros tipos com baixa eficiência energética. Com a substituição destes 37% do parque instalado por LED, o Brasil conseguiria economizar 47% por ponto de luz mais eficiente, o equivalente a uma usina

hidrelétrica de médio porte ou o suficiente para abastecer 100 mil residências de médio porte por ano.

Segundo o diretor técnico da Abilux (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação), Isac Roizenblatt. "A iluminação pública consome cerca de 3,5% da energia elétrica no país. Com a mudança destes 5 milhões de pontos representa uma economia de 3,7 TWh (Terawatt-hora) ao ano, algo como uma economia anual de R\$ 1 bilhão", estima se o diretor.

De acordo com estudo da Abilux para se ter ideia, uma lâmpada LED consome 85% menos energia que as incandescentes, 65% menos do que as fluorescentes compactas, e 50% menos que as de vapor de sódio, comumente utilizada na iluminação das cidades. Com a troca dos 5 milhões de pontos de iluminação pública com lâmpadas a vapor de mercúrio por luminárias com LEDs traria uma economia de cerca de 70% da energia elétrica consumida nos sistemas de iluminação pública.

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Caratinga é um município brasileiro no interior do estado de Minas Gerais que ocupa uma área de $1.250,874 km^2$ sendo que $9.2568 km^2$ estão em perímetro urbano e os $1241,6172 km^2$ restantes constituem a zona rural.

De acordo com a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) que atende 774 municípios de sua área de concessão, a cidade possui cerca de 7.722 pontos de iluminação pública, levantamento feito em 2015. Porém com a Resolução Normativa nº 414 publicada pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) em 2010, a responsabilidade da Prefeitura é a manutenção da lâmpada, braço, relê, reator, fios e conexões até a rede. Como explica o agente de relacionamento com clientes especiais do Poder Público da CEMIG, Mauro César Diniz, todos os demais serviços na rede elétrica continuam de responsabilidade da distribuidora de energia. "A interrupção do fornecimento de energia, bem como novas ligações continuam sendo responsabilidade da CEMIG. A Prefeitura de Caratinga é responsável por manter a luz acesa nos postes", explica.

A Prefeitura de Caratinga optou por terceirizar o serviço e então foi preciso que realizar uma Licitação para contratar a empresa que pudesse prestar o serviço com o menor preço. A empresa vencedora foi a Ipê Iluminação e Eletrificação Ltda EPP. O valor mensal do contrato pago pela prefeitura à empresa, que tem sede em Caratinga, será de R\$ 22.393,00. De acordo com presidente da Associação Mineira de Municípios (AMM) e prefeito de Barbacena, Antônio Carlos Andrada, prevê que o repasse do serviço de manutenção da rede trará um impacto de 30% no orçamento municipal das regiões mineiras.

Atualmente o sistema de iluminação pública de Caratinga é composto por lâmpadas tipo a vapor de mercúrio e lâmpadas tipo vapor de sódio. No contexto deste trabalho suas características, de acordo com o fabricante, podem ser apresentadas para associação da substituição, como:

- Características luminotécnicas;

- Custo x Benefício;
- Vida útil;
- Consumo.

Dentro destas características individuais, possibilita a viabilidade da escolha da lâmpada para sua implantação no município. Promovendo ganho econômico, social e ambiental com as vantagens na utilização das lâmpadas de tecnologia tipo LED no sistema de iluminação pública.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudo de viabilidade na substituição de lâmpadas a vapor de mercúrio e de sódio utilizado atualmente no sistema de iluminação pública por lâmpadas de tecnologia LED.

1.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Apresentar diretrizes que comprovam sua viabilidade no sistema de iluminação pública da cidade;
- Comparar características das lâmpadas;
- Discutir o funcionamento das lâmpadas a vapores do sistema de iluminação pública da cidade;
- Expor alguns dos aspectos mais importantes da tecnologia LED;
- Citar e discutir qualitativamente algumas vantagens e desvantagens no uso da lâmpada tipo LED;
- Estabelecer critérios que comprovam sua eficiência.
- Fazer análise econômica da implementação;
- Fazer uma análise do tempo de retorno no investimento.

1.3 JUSTIFICATIVA

Aplicação deste tipo de tecnologia no sistema de iluminação pública da cidade poderá acarretar em economia no consumo e manutenção das lâmpadas.

A utilização de luminárias a LED, que além de terem uma maior durabilidade, se comparadas as comumente utilizadas, ou seja, possui como característica maior vida útil, não

possuem componentes que agredem o meio ambiente, o que poderia minimizar o problema ocasionado pelo descarte de lâmpadas a vapores atualmente utilizadas no sistema de iluminação que possuem elementos nocivos em sua composição.

Estudar essas novas tecnologias se torna uma parte importante para que possam num futuro serem implementadas de maneira eficiente, visto a alta demanda de energia elétrica existente com a iluminação pública em uma visão nacional. Esse estudo pôde ser feito por meio da verificação de dados importantes de acordo com seus fabricantes e depois devidamente comparados entre as lâmpadas a vapores e as lâmpadas a LED.

Por fim, estudos que preveem a viabilidade e a economia a longo prazo são necessários para estimular a utilização dessa crescente tecnologia.

1.4 ESTUDO DE CASO

Foi escolhido para o estudo, o sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga – MG que atualmente possui lâmpadas a vapor de sódio e de mercúrio, de fato que este trabalho possui o objetivo de atribuir este antigo sistema de iluminação por aplicação de um novo sistema equivalente com lâmpadas LED para o mesmo local, de forma a compará-los.

Quando pensamos no futuro da iluminação pública, os LED surgem como a revolução que impactará o modo como pensamos e experimentamos o uso da luz nos mais variados espaços e momentos do dia a dia.

O desenvolvimento de tecnologias que empregam LED como soluções eficientes e econômicas tornou-se crescente, de forma a ocupar um lugar de destaque nos sistemas de iluminação.

Tendo em vista as informações anteriores é necessário achar formas de diminuir o consumo. A iluminação pública consome cerca de 3,5% da energia elétrica no país, são demonstradas formas de diminuir o consumo usando uma nova tecnologia que é o LED. Desta forma busca-se ter uma iluminação eficiente, sem danos ambientais e principalmente com baixo consumo de energia (SANTANA, 2010).

As lâmpadas a vapor de sódio e vapor de mercúrio proporcionam uma poluição ambiental muito grande, devido seu alto consumo e baixa durabilidade, principalmente devido seu efeito de emissão de radiação ultravioleta que atraem insetos. Por de fato, O problema sobre a iluminação na cidade, que não há definição exata da quantidade dos pontos de iluminação das lâmpada a vapores, tanto para vapor de mercúrio ou para lâmpada a vapor sódio, ou seja, estudo foi analisado como se o sistema de iluminação apresenta se apenas uma das lâmpadas a vapores. Em virtude do funcionamento da lampada a vapor, os valores a serem comparados serão por meio do conjunto do ponto, sendo lâmpada, luminária e reator para viabilizar a comparação com a luminária LED. De acordo com as Figuras abaixo, alguns exemplos podem ser mencionados no

centro de Caratinga - MG constatando se no ambiente a baixa luminosidade, poluição luminosa e baixa fidelidade das cores em razão da utilização das lâmpadas a vapores:



Figura 1: Pontos de iluminação lâmpadas vapor de sódio. Local: Rua João Pinheiro, Centro - Caratinga-MG. FONTE: AUTOR(2016)



Figura 2: Pontos de iluminação lâmpadas vapor de sódio. Local: Rua Dr. José de Paula Maciel, Centro - Caratinga-MG. FONTE: AUTOR(2016)

Em alguns pontos isolados, podemos citar a utilização das lâmpadas a vapor de mercúrio, representado na Figura a seguir:



Figura 3: Ponto de iluminação lampada vapor de mercúrio. Local: Praça Getúlio Vargas, Centro - Caratinga - MG. FONTE: AUTOR(2016)

Com isso, com aplicação de um sistema de iluminação pública tipo LED na cidade, além de incentivar outras cidades apresentam vantagens ambientais e econômicas no novo sistema aplicado. Portando, possibilita que Caratinga – MG torna se uma cidade exemplo de sustentabilidade.

Logo, o trabalho tem por objetivo realizar um estudo a respeito do aumento do consumo de energético da iluminação pública, apresentando as vantagens de um sistema de baixo consumo de energia. Para tal, foram especificados os seguintes critérios:

- Levantamento das tecnologias de iluminação utilizadas atualmente;
- Pesquisa bibliográfica sobre o consumo dos sistemas de iluminação pública atuais;
- Estudo e compreensão da tecnologia LED, para aplicação em sistemas de iluminação pública;
- Demonstrar as vantagens de ter um sistema de iluminação baseado na tecnologia LED.

Como se trata de uma nova tecnologia o custo se comparado com outras fontes de iluminação é notavelmente mais alto. A implantação de iluminação em LED requer cuidados especiais para que seus benefícios sejam alcançados. Dessa forma, para que um projeto tenha um resultado de sucesso, a procura por mão de obra especializada é o ideal para a aplicação do sistema, porém a oferta desse trabalho específico não é tão grande quanto a procura, fazendo com que os valores destes prestadores sejam elevados.

A iluminação pública com maior luminosidade, custo inferior, consumo menor, menos poluição e menor propagação de calor está chegando com muita força podendo afirmar, segundo autores e fabricantes que as iluminações públicas apresentadas atualmente como lâmpadas a vapores estão com os dias contados, devido às grandes vantagens oferecidas pela tecnologia LED (SANTANA, 2010).

Para estudo de caso será analisado a possibilidade para a troca dos pontos de iluminação por luminárias tipo LED, resultando em 32 pontos de iluminação, pertencentes a Avenida Olegário Maciel na cidade de Caratinga - MG.

1.5 METODOLOGIA

O trabalho tem como princípio analisar pesquisas bibliográficas exploratória dos assuntos necessários para o desenvolvimento do estudo, por meio de artigos, monografias de graduação, mestrado e teses de doutorado, de maneira que foram estudados primeiramente os seguintes temas: funcionamento das lâmpadas e seus respectivos componentes e parâmetros, conceitos luminotécnicos para auxílio de definições e interpretação de laudos técnicos, apresentados segundo os fabricantes, relacionando suas características individuais atribuindo para o estudo um melhor ênfase na viabilidade das lâmpadas para o sistema de iluminação pública da cidade.

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002).

A metodologia é de grande relevância numa pesquisa científica, uma vez que é uma etapa preponderante para alcançarem-se os objetivos propostos (GIL, 2002).

Após apresentar os conceitos relacionados sobre as lâmpadas em questão. A metodologia do projeto desenvolvido atribuiu-se em uma análise em catálogos de fabricantes para a melhor escolha da luminária LED, estabelecendo pré requisitos característicos luminotécnicos. Com a definição da lâmpada de LED de acordo com o fabricante, em virtude da sua escolha, desenvolveu-se análises de comparação de custo e benefício com as lâmpadas a vapores atuais no sistema de iluminação. Resultando em uma definição final de viabilidade. A questão do orçamento da implementação no sistema, foi realizado de acordo com número de pontos de iluminação apresentados no município de Caratinga-MG. Portanto, com o orçamento definitivo pode-se prever dados sobre o tempo de retorno no investimento e principalmente assimilar questões sociais, econômicas e ambientais.

O foco deste trabalho é analisar as lâmpadas LED e suas características próprias em comparação com as existentes na cidade e propiciar informações que possam sugerir a economia e os benefícios da utilização desta nova tecnologia em substituição das existentes.

1.6 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O CAPÍTULO 1 refere-se em um contexto da introdução descrevendo um breve histórico da evolução do uso da iluminação artificial produzida pelo homem. Aborda fatores que comprovam a necessidade da aplicação de uma nova tecnologia no sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga- MG. Cita alguns fatores importantes que refere-se ao embasamento do estudo presente, como tipos de lâmpadas atuais no sistema de iluminação, expor indícios na desvantagem de sua utilização. Descreve as informações em relação real situação da cidade de Caratinga - MG.

O CAPÍTULO 2 alega-se a revisão de literatura representa a consistência teórica do trabalho para fundamentar a reflexão e a argumentação. Neste contexto apresenta estudos e conceitos referenciados sobre a tecnologia das lâmpadas LED e lâmpadas a vapores, citando critérios de definição, dados luminotécnicos, caracterizadas pelas lâmpadas atribuindo melhor interpretação do estudo. Menciona-se também, em relação ao Brasil, suas principais fontes de produção de energia, dados característicos da capacidade de geração de energia de acordo com a ANEEL.

O CAPÍTULO 3 nessa seção, é apresentada a metodologia do trabalho, aborda as técnicas desenvolvidas e a tipologia da pesquisa com suas especificidades. Neste contexto apresenta-se, equações de cálculo de consumo e custo das lâmpadas de LED caracterizando sua viabilidade e eficiência em comparação com as lâmpadas a vapores utilizadas atualmente no sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga-MG.

O CAPÍTULO 4 apresenta os resultados e discussões. Neste contexto, este capítulo desenvolve em conjunto através do estudo entre a revisão de literatura e a metodologia aplicada. Apresenta os resultados de cálculo do estudo de viabilidade das lâmpadas abordando os principais aspectos de comparação.

O CAPÍTULO 5 apresenta a conclusão do trabalho, contendo os resultados obtidos no estudo de viabilidade, principalmente aos dados correspondentes às análises de comparação das lâmpadas aos objetivos e hipóteses inicialmente apresentados na introdução que respondem à questão-problema da pesquisa.

O CAPÍTULO 6 apresenta o conjunto de referências bibliográficas, de acordo com ABNT, vinculados ao estudo proposto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A Iluminação Pública é o serviço que vem prover luz ou claridade artificial nos logradouros públicos. Este serviço tem influência direta na vida de todo cidadão, uma vez que contribui para a segurança da população, para o tráfego de veículos e viabiliza atividades de comércio, turismo, lazer, etc. (LOPES, 2002).

Ao longo dos tempos, o aumento das necessidades de iluminação foi originando o desenvolvimento de tecnologias de suporte cada vez mais eficazes. Para além da sua eficiência, outros aspectos foram considerados no desenvolvimento destes sistemas, como por exemplo, a utilização em larga escala, a qualidade de iluminação do Índice de Reprodução de Cor(IRC), a utilização de produtos menos poluentes e o custo de fabricação. No caso de tecnologias para utilização na iluminação pública os requisitos mudam um pouco de contexto. A qualidade da iluminação é muitas vezes colocada à parte em relação à eficiência, tendo em vista, a quantidade de lâmpadas necessárias(FREITAS, 2010).

Atualmente a busca por soluções energéticas eficientes ao longo dos anos vem aumentando no mercado. Nesse cenário, a tecnologia LED é abordada como alternativa e solução para a iluminação pública brasileira, além disso, os LEDs possibilitam uma emissão de luz uniforme e constante, que permite o aumento do conforto visual tanto em áreas internas, como nas externas. Enquanto a maior parte das soluções convencionais se destina a aplicações específicas ou em um número reduzido de situações, equipamentos com LED podem ser instalados numa vasta gama de ambientes. O LED está presente em nossas vidas em áreas residenciais, comerciais, industriais, de iluminação pública e para decoração (FREITAS, 2010).

Para proporcionar uma boa iluminação adequada em um local específico, é necessário proceder à escolha das lâmpadas que reúnam as especificações adequadas, em associação com uma luminária. Na conjugação destes fatores, é necessário tomar em consideração questões como a eficiência energética, que dizem respeito, no que refere às lâmpadas, aos parâmetros de consumo de energia, rendimento e durabilidade. Relativamente às luminárias, uma otimização dos refletores potência um rendimento mais elevado, cujo resultado será um aumento na eficiência luminosa (COSTA, 2011).

Uma luminária tem por função assegurar a distribuição de fluxo luminoso desejada em associação com a obtenção do melhor rendimento possível, bem como modificar a luz emitida pelas lâmpadas, para uma otimização da sua utilização. É necessário, igualmente, evitar o encandeamento por parte dos utilizadores, garantindo a sua segurança e a dos próprios componentes, bem como proporcionar a proteção das lâmpadas face às condições climatéricas

variáveis, do sistema óptico e dos componentes elétricos. Os fatores que determinam a escolha de uma armadura devem satisfazer algumas considerações de ordem técnica, econômica e estética no plano econômico, há que ser tomado em consideração o custo da instalação, a facilidade de limpeza, o custo das armaduras e a facilidade de substituição das lâmpadas e da aparelhagem auxiliar. No que respeita ao plano técnico, os fatores a tomar em conta são a natureza do dispositivo óptico, o dispositivo de fixação, peso e dimensões da armadura, a resistência às condições atmosféricas, o rendimento luminoso, a natureza e potência das lâmpadas, a escolha de armaduras fechadas ou não, a resistência ao aquecimento, sujidade, corrosão e vibrações (COSTA, 2011).

2.1.1 Lâmpadas tipo LED

As lâmpadas LEDs, de acordo com a Figura 4, estão vindo com a promessa de substituir as lâmpadas convencionais e em muitos casos já fazem isso muito bem. Os LEDs são utilizados para soluções de muito baixa potência e essencialmente para sinalização. Estas podem ser aplicadas nas mais diversas situações, pois devido ao seu tamanho reduzido permitem uma boa integração em termos de espaço requerido (RIBEIRO, 2010).

Esta nova lâmpada não emite, raios ultravioleta (UV) nem infravermelho (PHILIPS, 2012) e converte apenas 5% da energia em calor o restante é transformado em luz. (RIBEIRO, 2010).



Figura 4: Lâmpada de LED. FONTE: GE Lighting

O seu princípio de funcionamento baseia-se na utilização de díodos emissores de luz associados de forma a criar um fluxo luminoso elevado. A utilização dos LEDs para iluminação está sendo possível graças ao desenvolvimento de díodos brancos de alta potência e elevada eficiência.

Esta luminária é composta por vários bulbo de LEDs dispostos em um dissipador de calor (pois a quantidade de luz emitida pelo LED diminui com o aumento da temperatura, por isso tem a necessidade deste dispositivo) e de um driver (SALES, 2011).

O LED é a sigla em inglês para Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz é um componente eletrônico semiconductor, mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores,

que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada em lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação da energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado Sólido (Solid State). Como comparativo, podemos citar que os LEDs estão para as lâmpadas, assim como os transistores estão para as válvulas. O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado ânodo e outro, chamado cátodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem da corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz (SALES, 2011).

Segundo COSTA (2010) a qualidade e a eficiência energética são alguns dos pontos centrais de pesquisa e melhoramento de muitas concessionárias de energia elétrica, sendo que o emprego de tecnologia LED, principalmente no que diz respeito à iluminação pública, pode vir a contribuir significativamente na melhoria desses resultados.

Os LEDs são frios devido a não presença de infravermelho no feixe luminoso. Entretanto, os LEDs liberam a potência dissipada em forma de calor e este é um fator que deve ser levado em consideração, quando do projeto de um dispositivo com LEDs, pois a não observância deste fato poderá levar o LED a uma degradação acentuada do seu fluxo luminoso e até mesmo a uma falha catastrófica. Boa parte da potência aplicada ao LED é transformada em forma de calor e a utilização de dissipadores térmicos deverá ser considerada a fim de que o calor gerado seja dissipado adequadamente ao ambiente, permitindo que a temperatura de junção do semicondutor esteja dentro dos limites especificados pelo fabricante. Na Figura 5 apresenta uma ilustração de um LED e pode ser observado que o caminho da potência dissipada é o mesmo da corrente elétrica, e esta dissipação é feita pela trilha de cobre da placa de circuito impresso. Já na Figura 6, apresenta um LED com encapsulamento de potência, no qual pode-se observar que os caminhos térmico e elétrico são separados e a retirada do calor é feita através do acoplamento de um dissipador térmico à base do LED, garantindo, com isto, uma melhor dissipação (FREITAS, 2010).

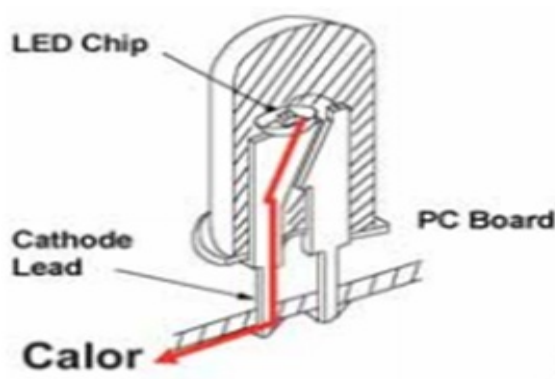


Figura 5: LED convencional e seus componentes FONTE: Freitas (2010).

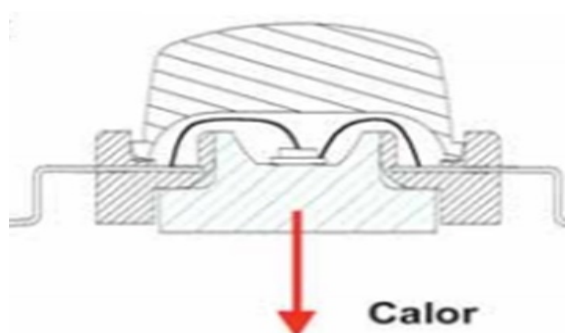


Figura 6: LED de potência e seus componentes. FONTE: Freitas (2010).

A luz branca pode ser obtida através da combinação das três cores básicas GRB (Green, Red and Blue, do inglês: verde, vermelho e azul), conforme a Figura 7. Os elementos que geram as cores são adicionados ao semicondutor ou pastilha do LED que compõe a cor. Para obter a vermelha, a cor verde e o azul e as outras cores através de combinações diferentes destes elementos (FREITAS, 2010).



Figura 7: Combinações das cores LED. FONTE: Freitas (2010)

2.1.2 Lâmpada de descarga

As lâmpadas de descarga, também conhecidas como alta intensidade descarga (AID) são utilizadas na iluminação pública caracterizados como lâmpadas a vapor de mercúrio, sódio e metálico. Diferem a despeito de várias características individual, tais como: tensão de ignição, eficiência, gás de preenchimento, aparência de cor, porém ambos possuem o mesmo princípio de funcionamento a descarga elétrica em um meio gasoso (COSTA,2010).

2.1.2.1 Lâmpada a vapor de mercúrio

As lâmpadas a vapor de mercúrio, conforme a Figura 8 foram criadas também na década de 1930, utilizando a mesma técnica da fluorescente com gases sob alta pressão dentro de um

tubo de descarga de quartzo (COSTA,2010).



Figura 8: Lâmpada de vapor de mercúrio FONTE: Catálogo, Philips (2016)

De acordo com a Figura 9, há eletrodos nas extremidades do tubo (nas fluorescentes são chamados de filamentos) envoltos por argônio e mercúrio que, ao receber a partida por meio de um reator, liberam elétrons que se chocam com os átomos de mercúrio, provocando sua vaporização e a consequente emissão de raios ultravioletas. Graças à presença de um eletrodo auxiliar que ioniza o argônio, este tipo de lâmpada não necessita de um pico de tensão (ignição) para acender. Um pequeno resistor conectado a este eletrodo limita a corrente elétrica para que ele funcione apenas no momento da partida da lâmpada. Como na fluorescente, ao passar pelo bulbo revestido com tinta fluorescente, a radiação se transforma em luz visível (GUEDES, 2010).

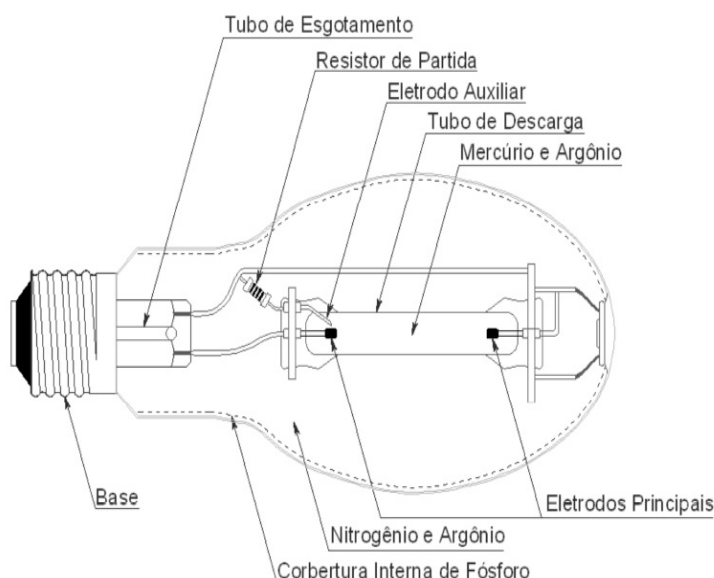


Figura 9: Característica mecânica de uma lâmpada vapor de mercúrio. FONTE: GUEDES (2010)

No caso das lâmpadas a vapor de mercúrio, ainda é aplicado vanadato de ítrio no bulbo para corrigir, com o aumento do vermelho, a luz azulada emitida com a radiação. Algumas

ainda utilizam um fósforo especial em seu revestimento, a fim de alcançar um melhor Índice de Reprodução de Cor (COSTA,2010).

2.1.2.2 Lâmpada a vapor de sódio

Em consequência à coloração reproduzida pelas lâmpadas de vapor de sódio (amarelada), que, apesar de proporcionar uma melhor percepção do ambiente, causa desconforto para o usuário, essas lâmpadas são utilizadas para iluminação externa, que não demandam muita manutenção nem elevada reprodução de cores, tais como rodovias e estacionamentos (COSTA,2010). Segundo COSTA (2010) as lâmpadas são compostas por dois bulbos, conforme a Figura 10, um interno, que deve suportar altas temperaturas e a ação química do sódio, e um externo, que possui como função a manutenção da temperatura do tubo de descarga. O bulbo interno é composto por óxido de alumínio sinterizado (composto que suporta a alta temperatura de cerca de 1000 °C do tubo de arco, uma vez que possui um ponto de fusão de 2050°C), além de possuir uma pequena quantidade de amálgama de sódio mercúrio (em partes vaporizado quando na temperatura de operação), xenônio (processo de ignição) e eletrodos de nióbio. Já o bulbo externo é feito de borosilicato (vidro duro) e seu interior é fabricado a vácuo.

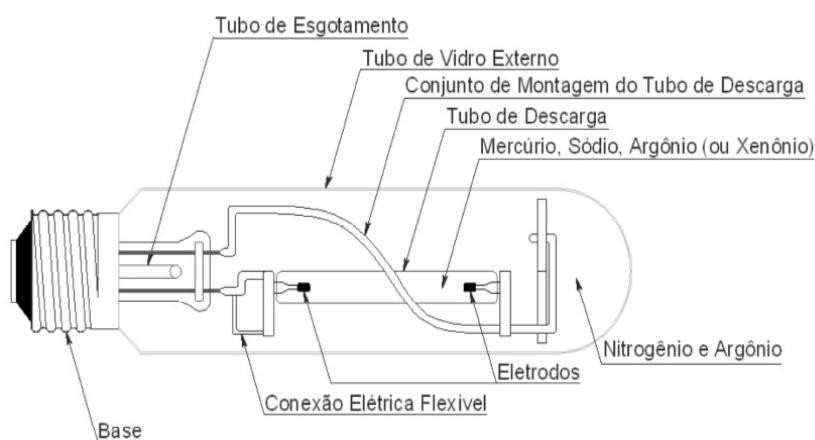


Figura 10: Característica mecânica de uma lâmpada vapor de sódio. FONTE: GUEDES (2010)

Possui como função proteger o bulbo interno da oxidação, a demais essas lâmpadas podem ter formato ovoide ou cilíndrico (COSTA, 2010). Assim, na Figura 11 observa-se uma lâmpada de sódio fornecidas pela Philips:



Figura 11: Lâmpada de vapor de sódio FONTE: Catálogo, Philips (2010)

Após apresentar os conceitos das lâmpadas de descarga apresentando suas efetividades de funcionamento. A seguir são mensurados conceitos e definições luminotécnicos para melhor avaliação do estudo da viabilidade das lâmpadas.

2.2 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

Segundo Hélio Creder (1998) luminotécnica é definida como o estudo da iluminação artificial, em ambientes internos e externos. Cada ambiente deve ter uma iluminação compatível com a sua utilização. Deve-se ter em mente que a escolha da forma de iluminação, tipos de lâmpadas, tipos de luminárias, potência, quantidade, distribuição e comando estão ligados a um projeto de instalações elétricas.

2.2.1 Potência

Sua unidade é Watt (W). Representa em uma determinada lâmpada consumo de funcionamento em energia elétrica para produzir um determinado fluxo luminoso (OSRAM, 2012).

2.2.2 Consumo Energético

Para calcular este consumo basta sabermos a potência do aparelho e o tempo de utilização. Embora isso dependa de diferentes fatores, é a potência o item que mais impacta no consumo energético de um determinado aparelho. Medida em Watts (W), quanto maior é a potência de um determinado aparelho ou lâmpada, maior é o consumo de energia elétrica e, portanto, maior é o custo associado ao seu uso.

2.2.3 Fluxo luminoso

É a radiação total emitida em todas as direções por uma fonte de luz, conforme a Figura 12. É uma das unidades fundamentais em engenharia de iluminação, dada como a quantidade total de luz emitida por uma fonte, em sua tensão nominal de funcionamento (OSRAM, 2007). Símbolo (ϕ) e a unidade lúmen (lm).



Figura 12: Fluxo Luminoso. FONTE: OSRAM (2012).

2.2.4 Eficiência Luminosa

É a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida. As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes fluxos luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem, conforme a Figura 13. Para poder compará-las, é necessário que se saiba quantos lumens são gerados por watt absorvido. Símbolo (Nw). Unidade lúmen/watt (lm/W)(OSRAM, 2009).

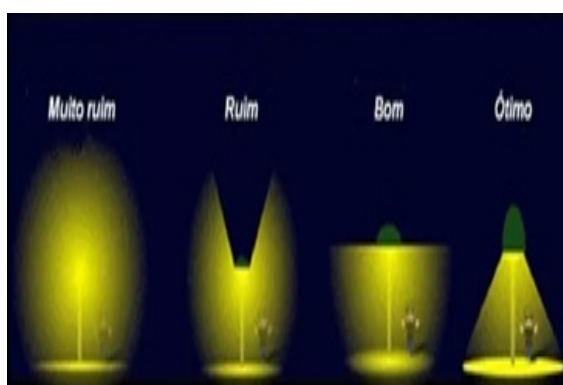


Figura 13: Eficiência Luminosa. FONTE: OSRAM (2012)

2.2.5 Iluminância ou Iluminamento (E)

A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície a qual incide, define a iluminância. Expressa em lux, indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície

situada à uma certa distância dessa fonte. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância ($1/d^2$). A iluminância pode ser medida através de um luxímetro. Símbolo (E) e a unidade lux (lx). A unidade é o LUX, definido como o iluminamento de uma superfície de 1 m^2 recebendo de uma fonte puntiforme a 1m de distância, na direção normal, um fluxo luminoso de 1 lúmen, uniformemente distribuído. (OSRAM, 2012).

2.2.6 Intensidade Luminosa

É a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa em uma determinada direção. Utilizada em lâmpadas refletoras, onde a intensidade luminosa está ligada ao ângulo do fecho. Representada na Figura 14 abaixo:

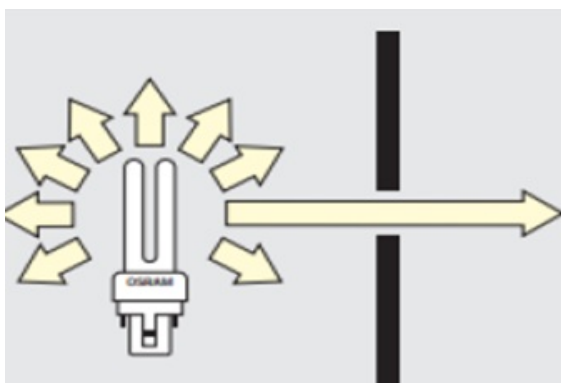


Figura 14: Intensidade Luminosa. FONTE: OSRAM (2012)

2.2.7 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

Este índice quantifica a fidelidade com que as cores são reproduzidas sob uma determinada fonte de luz.

A capacidade da lâmpada reproduzir bem as cores (IRC) é independente da sua temperatura de cor (K). Numa residência devemos utilizar lâmpadas com boa reprodução de cores (IRC acima de 80), pois esta característica é fundamental para o conforto e beleza do ambiente (OSRAM, 2012).

Para facilitar o esclarecimento, é costume, entre os fabricantes, a apresentação de uma tabela que informe comparativamente o índice de reprodução de cores, a temperatura de cor e a eficácia ou eficiência luminosa.

A Figura abaixo apresenta a posição das diversas lâmpadas em função do IRC .

Grupo de reprodução de cor		IRC Classe	Amarelo "funcional" < 2.400K	Branco quente "confortável" 2.400K < T _c < 2.800K	Branco quente "morna" 2.800K < T _c < 3.500K	Branco "neutra" 3.500K < T _c < 5.000K	Branco "fria" T _c > 5.000K
1	1A Exelente	90-100		Incand. 2.800 K (Referencia)			
	1B Muito bom	80-89			Vapor metálico (Cerâmica) 3.000 K	Vapor metálico (Quartzo) 5.000 K	
2	2A Bom	60-79					
	2B Bom	40-59				Vapor de mercúrio 4.500 K	
3	Regular	20-39	Vapor de sódio (AP) 2.100 K				
4	Pobre	20					

Figura 15: Correlação entre lâmpadas, IRC. FONTE: OSRAM (2012)

2.2.8 Vida Útil, Vida Média e Vida Mediana

Vida útil é o número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada, somando ao efeito das respectivas queimas ocorridas no período, ou seja, 30% de redução da quantidade de luz inicial. (OSRAM, 2012).

Vida média é a média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada. (OSRAM, 2012).

Vida mediana é o número de horas resultantes, em que 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas. Horas (h). (OSRAM, 2012).

2.3 CUSTO X BENEFICIO

Hoje o LED é uma solução como fonte de luz para alcançar eficiência energética. Elas já são mais eficientes do que as outras fontes de luz, têm longa vida, baixa depreciação e são amigáveis ao ambiente. Logo, são sustentáveis. O LED deve chegar este ano a algo em torno de 50% do valor comercializado no mundo e há previsões de que, por volta de 2020, cerca de 70% do faturamento mundial em iluminação sejam de produtos com LED em todas as suas formas, como lâmpadas, módulos ou luminárias.

Há previsões de que, por volta de 2020, cerca de 70% do faturamento em iluminação será de produtos com essa característica. Dependendo da especificação, as fontes de luz LED variam de 15 a 50 mil horas e em breve teremos especificações com até 100 mil horas e com baixa depreciação. Além da baixa necessidade de manutenção (COSTA, 2011).

Em face das qualidades já mencionadas e ainda devido a qualidade da luz, em que obtemos qualquer tom de branco com alta qualidade de reprodução de cor e ainda altas intensidades, praticamente o LED pode ser utilizados em áreas internas e externas com grandes vantagens sobre as outras fontes de luz.

As vantagens energéticas, estéticas e ambientais têm motivado a transformação do mercado. Com a eficiência subindo e os preços caindo, a penetração dos produtos torna-se mais acessível e conveniente, mostrando retorno sobre o investimento em prazos mais curtos(FREITAS, 2010).

O LED já superara em eficiência todas as lâmpadas usuais de mercado, inclusive as fluorescentes compactas, de vapor metálico e a vapor de sódio em alta pressão, somadas a outras vantagens. Lâmpadas LED, módulos e luminárias com LED podem ser utilizados hoje em praticamente todos os tipos de aplicações. É apenas uma questão de especificação e cálculo do custo benefício.

Ao mesmo tempo em que são produzidas lâmpadas e módulos LED para substituir as fontes de luz hoje utilizadas nas luminárias, são criados e desenvolvidos designs inovadores de luminárias que aproveitam as dimensões e a flexibilidade que ele oferece. Assim, como os outros produtos da área de iluminação, os produtos providos com LED devem seguir as normas técnicas da ABNT e as portarias do INMETRO.

O Brasil possui fábricas de lâmpadas de LED. Algumas fabricantes: Intral, Neolux, FLC, O2 LED, Conex LED e Utiluz. Além dos fabricantes de luminárias: Schreder, Mister LED, Repume, Ilumatic, Intral, Guarilux (LOPES, 2002).

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Como exemplo de ação, está a modernização de equipamentos e processos no sentido de reduzirem seu consumo. Os programas voltados para o consumo consciente também contribuem para a economia. No Brasil tem sido aplicado de maneira sistemática desde 1985, quando o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), de âmbito nacional e coordenado pela Eletrobrás.

Para estimular as práticas sobre o uso eficiente da eletricidade dividem se em dois grupos principais:

- Ações educativas da população;
- Investimentos em equipamentos e instalações;

De acordo Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) o consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Além do desenvolvimento econômico, outra variável que determina o consumo de energia é o crescimento da população reflete tanto no ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto na capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis (que demandam combustíveis), eletrodomésticos e eletroeletrônicos (que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica).

Nos anos de 2014 e 2015 o Brasil passou em um período de escassez hídrica pelo fato de algumas regiões de captação de água sofrerem estiagem de chuva impossibilitando no armazenamento de água nos reservatórios. A baixa pluviosidade no período úmido evitou que os reservatórios das hidrelétricas se recuperassem para um nível considerado confortável para o abastecimento pelo restante do ano. Resultando no aumento do custo de produção de energia elétrica. Neste contexto, é necessário atribuir novas tecnologia de iluminação que reduzem o consumo energético no país.

2.5 TIPOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

De acordo com a ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) para produzir energia elétrica é necessária a utilização de turbinas das usinas de eletricidade sendo grandes sistemas de hélices, elas movem geradores que transformam a energia mecânica (movimento) em energia elétrica. Por esse motivo, é indispensável a utilização de fontes de energia primária. Energia proveniente da força da água, dos ventos, da radiação solar e queima de materiais, como carvão.

2.5.1 Energia Hidrelétrica

Segundo a ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) em países como o Brasil, que possui muitos rios com grandes desníveis, uma das soluções mais econômicas para fazer girar turbinas é aproveitar a força das águas, construindo usinas hidrelétricas. Em uma usina desse tipo, uma barragem, também conhecida como represa, controla as águas do rio. No interior da barragem, são instalados grandes tubos inclinados, geralmente chamados de aquedutos, que abrigam as turbinas. A água desce pelos tubos e faz girar o sistema de hélices, movimentando o eixo dos geradores que produzem a energia elétrica. Perto dos geradores são instalados os transformadores, equipamentos que acumulam e enviam a energia elétrica para os cabos das linhas de transmissão. Depois de movimentar as turbinas, as águas voltam para o leito do rio sem sofrer nenhum tipo de degeneração. É por isso que a energia hidrelétrica é considerada uma fonte limpa, além de ser renovável. No Brasil, a maior quantidade de energia elétrica produzida provém de usinas hidrelétricas. Construída e administrada por Brasil e Paraguai, Itaipu, no rio

Paraná, é a segunda maior hidrelétrica do mundo em potência instalada, com 14 mil megawatts de capacidade de geração, atrás apenas de Três Gargantas, na China. A Eletrobras detém metade de Itaipu em nome do governo brasileiro, além de ser dona, por meio de suas empresas, de algumas das principais hidrelétricas em operação no país, como Tucuruí, no rio Tocantins, e Xingó e as usinas do Complexo Paulo Afonso, no rio São Francisco.

2.5.2 Energia Eólica

De acordo com a ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) esta energia é produzida usando a força dos ventos para movimentar enormes aero-geradores que são conectados a turbinas para a geração da energia elétrica. Assim como outras energias, a eólica também é limpa e renovável. Para a sua produção são necessários a instalação dos aero-geradores em locais com abundância de ventos, tanto em volume como em regularidade, ou seja, não basta ter ventos fontes é preciso que eles sejam constantes. A velocidade dos ventos precisa ser superior a 3,6 m/s. Assim como a energia hidrelétrica, o Brasil tem um grande potencial para a produção de energia eólica, visto que há regiões onde a presença dos ventos favorece a instalação de parques eólicos. Neste cenário destacam-se os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, ambos na região nordeste do país.

2.5.3 Energia termoelétrica

De acordo com a ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) em regiões com poucos recursos hidrográficos, mas com boas reservas de óleo, carvão ou gás, é possível girar as hélices das turbinas com a força do vapor resultante da queima desses combustíveis. Para isso, são construídas usinas termelétricas. A maioria das usinas termelétricas usa fontes primárias consideradas não renováveis, mas em alguns lugares do Brasil já é possível gerar energia queimando combustíveis alternativos, como a biomassa.

2.5.4 Energia nuclear

Segundo a ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) na natureza, algumas substâncias, como o urânio, têm núcleos atômicos extremamente pesados e instáveis, que podem ser divididos em partículas menores se forem bombardeados por nêutrons. Os nêutrons, ao atingir um núcleo de urânio, provocam sua quebra em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons, que, por sua vez, irão atingir outros núcleos de urânio e provocar novas quebras. Essa é uma reação em cadeia. No momento em que se dividem, os núcleos emitem calor na forma de radiação. A velocidade de uma reação em cadeia pode ser de dois tipos: não controlada e controlada. No primeiro caso, a reação ocorre muito rapidamente (em menos de 1 segundo), liberando enorme quantidade de energia. É o que acontece, por exemplo, na explosão

da bomba atômica. No segundo caso, a reação é controlada pelos chamados reatores de fissão nuclear, permitindo que a energia liberada seja aproveitada e evitando explosões. As usinas nucleares brasileiras em operação – Angra 1 e Angra 2 – estão localizadas na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, que fica em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, e pertence à Eletrobras - Eletronuclear.

2.5.5 Geração de Energia no Brasil

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) relacionado ao Banco de Informações de Geração (BIG) com atualização do banco de dados referente ao mês de Outubro o Brasil possui no total 4.591 empreendimentos em operação , totalizando 148.017.666 kW de potência instalada. Está prevista para os próximos anos uma adição de 26.226.550 kW na capacidade de geração do País, proveniente dos 208 empreendimentos atualmente em construção e mais 653 em Empreendimentos com Construção não iniciada. De acordo com à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), atualmente os principais tipos de geração de energia elétrica no Brasil são através de:

- CGH Central Geradora Hidrelétrica;
- CGU Central Geradora Undi-elétrica;
- EOL Central Geradora Eólica;
- PCH Pequena Central Hidrelétrica;
- UFV Central Geradora Solar Fotovoltaica;
- UHE Usina Hidrelétrica;
- UTE Usina Termelétrica;
- UTN Usina Termonuclear;

Em relação ao estudo é necessário demonstrar que o Brasil é um país de alta dependência de suas hidrelétricas. Esta estatística refere se aos valores de empreendimentos em operação no país, vinculando o tipo de geração, quantidade de postos, potência outorgada e a potência fiscalizada. A seguir será apresentado dados atualizados da capacidade dos diferentes tipos de geração de energia no Brasil:

Tabela 1: Empreendimentos em Operação

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (Kw)	Potência Fiscalizada (Kw)	%
CGH	564	447.741	449.402	0,3
EOL	389	9.568.438	9.506.960	6,42
PCH	445	4.874.454	4.847.690	3,28
UFV	42	27.008	23.008	0,02
UHE	220	101.108.356	90.465.984	61,12
UTE	2.929	42.474.736	40.734.622	27,52
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,34
Total	4.591	160.490.733	148.017.666	100

(Os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual a considerada no Ato de Outorga. A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora. FONTE: ANEEL(2016))

Para melhor ênfase no estudo será demonstrado os resultados na forma de gráfico:

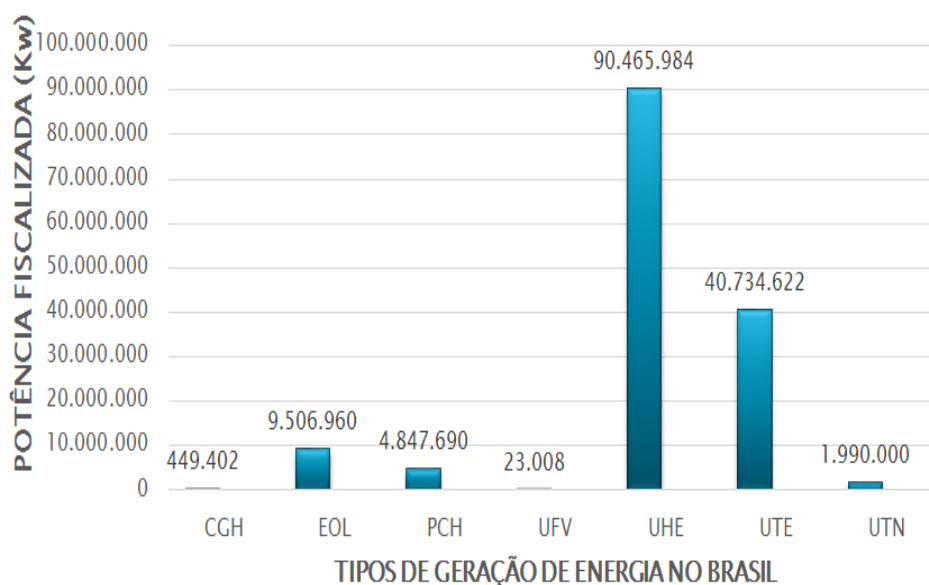


Figura 16: Potencia fiscalizada. FONTE: ANEEL (2016).

Observa-se nos valores interpretados que é comprovada a grande dependência do abastecimento energético no país na geração das hidrelétricas. Por esse motivo acrescenta-se a necessidade dos reservatórios estejam nos níveis de abastecimento. Para reduzir este consumo surgem as lâmpadas de LED.

A tabela a seguir, demonstra se os empreendimentos em construção no Brasil:

Tabela 2: Empreendimentos em Construção

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (Kw)	%
CGH	1	848	0,01564
EOL	138	3.139.300	36,34
PCH	33	427.959	4,95
UFV	3	84.000	0,97
UHE	6	1.922.100	22,25
UTE	26	1.713.446	19,84
UTN	1	1.350.000	15,63
Total	208	8.637.653	100

FONTE: ANEEL (2016)

Para melhor ênfase no estudo será demonstrado os resultados na forma de gráfico:

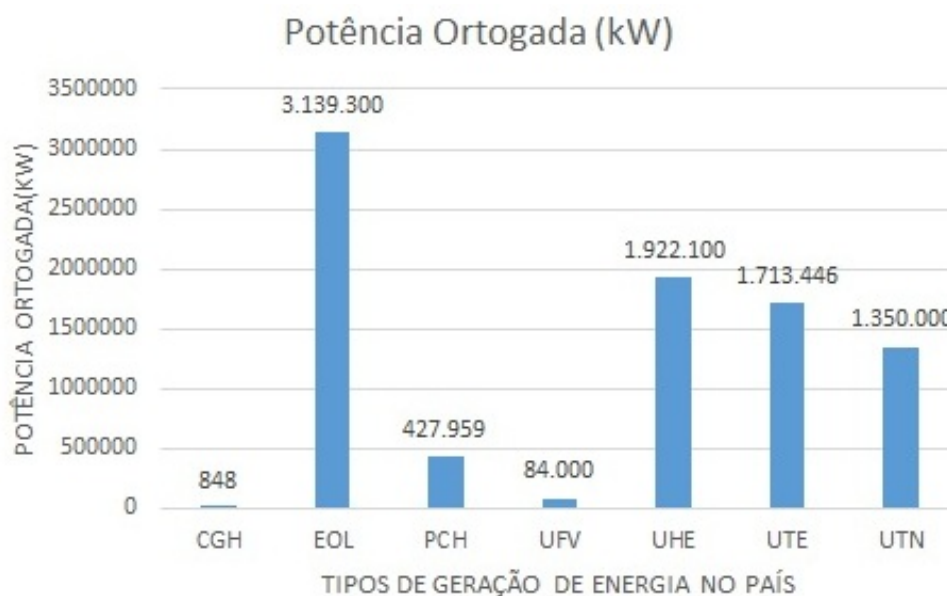


Figura 17: Potência Outorgada FONTE: ANEEL (2016)

Interpretando o gráfico observa-se o aumento da produção de energia limpa no país, conceituando a implantação de captação através das turbinas movidas pela força do vento, transformando a energia mecânica em elétrica. A tabela seguir demonstra os empreendimentos com construção não iniciada:

Tabela 3: Empreendimentos com Construção não iniciada

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (Kw)	%
CGH	37	25.351	0,14
CGU	1	50	0
EOL	225	5.336.550	30,34
PCH	124	1.757.466	9,99
UFV	107	2.868.997	16,31
UHE	6	629.000	3,58
UTE	153	6.971.483	39,64
Total	653	17.588.897	100

FONTE: ANEEL (2016)

Para melhor interpretação dos dados a análise será realizada na forma de gráficos:



Figura 18: Potência Outorgada FONTE: ANEEL (2016).

Com a análise dos dados observa-se a previsão do aumento da construção das Usinas Termelétrica demonstrando a preocupação com descarte de resíduos sólidos no país. Devido ao alto crescimento populacional e a ampliação das construções nas cidades houve proporcionalmente expansão do consumo energético. Conforme a tabela a seguir:

Tabela 4: Consumo iluminação pública (GWh)

Local / Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Brasil	12.051	12.478	12.916	13.512	14.043	15.334
Minas Gerais	1.168	1.294	1.344	1.372	1.407	1.436

FONTE: ANEEL (2016) - Tabela 3.20

Para melhor interpretação dos dados a análise sera apresentada na forma de gráficos:



Figura 19: Consumo iluminação pública no Brasil (GWh). FONTE: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2016)



Figura 20: Consumo iluminação pública em Minas Gerais (GWh). FONTE: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2016)

De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2016) observa se o crescimento do consumo energético no estado de Minas Gerais e conseqüentemente, no Brasil. Portanto, há necessidade da implementação das lâmpadas de LED no sistema de iluminação pública em virtude da grande dependência das hidrelétricas, tornando assim submisso aos fatores climáticos para geração de energia elétrica. Outro aspecto, menciona se a questão, de acordo com os gráficos,

o crescimento do consumo energético no país resultando também no aumento de produção. Por isso, surge de maneira sustentável a aplicação das lâmpadas de LED para atribuir baixo consumo energético no sistema.

Para iniciar o desenvolvimentos dos cálculos de viabilidade é necessário atribuir informações sobre a atual situação do Brasil e no estado de Minas Gerais em relação as atividades apresentadas sobre a geração de energia elétrica no país. A partir das características apresentadas foi possível desenvolver uma planilha quantitativa que demonstra qual a economia e o retorno do investimento feito ao adquirir equipamentos com a tecnologia de LED para iluminação, se comparado às lâmpadas convencionais. A cidade de Caratinga-MG possui cerca de 7.722 pontos de iluminação pública caracterizadas por lâmpadas a vapores, dados segundo CEMIG em 2015.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para abordar a metodologia de calculo é necessário estabelecer a equação de consumo energético:

$$\text{Consumo} = \frac{P * T * D}{1000} = \text{Kwh} \quad (3.1)$$

Sendo:

- P : Potência em watts;
- T : Tempo em horas;
- D : Dias de funcionamento anual;

De acordo com a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para o uso do serviço energia elétrica é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada, que viabilize a estrutura para manter o serviço com qualidade e que crie incentivos para eficiência. Seguindo tais preceitos, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado. De acordo com a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) o valor da tarifa de energia elétrica cobrada no município de Caratinga- MG corresponde em um valor de 0,36373 R\$/Kwh por bulbo da lâmpada, considerando o maior valor possível de tarifa. A equação para determinar o gasto em reais na função da tarifa e o consumo energético das lampadas:

$$\text{Custo} = T * C = \text{R\$} \quad (3.2)$$

Sendo:

- T : Tarifa em R\$/Kwh;
- C : Consumo em Kwh;

A Equação para PayBack anual:

$$\text{PayBack} = \frac{CI_{\text{Led}}}{EC_{\text{Energia}} + EC_{\text{Reator}} + EC_{\text{Lâmpada}}} = \text{Anos} \quad (3.3)$$

Sendo:

CI_{Led} : Investimento do LED;

$EC_{Energia}$: Economia do Custo de Energia;

EC_{Reator} : Economia do Custo do Reator;

$EC_{Lâmpada}$: Economia do Custo de Lâmpada;

A equação para economia do custo de energia:

$$EC_{Energia} = \frac{CELV - CELL}{TM} \quad (3.4)$$

Sendo:

- CELV : Custo de Energia da Lâmpada a Vapor;
- CELL : Custo de Energia da Lâmpada de LED;
- TM : Tempo de Manutenção;

A Equação para o tempo de manutenção da lâmpada em anos:

$$TM = \frac{VUL}{VUV} \quad (3.5)$$

Sendo:

- VUL : Vida Útil da Lâmpada Led em anos;
- VUV : Vida Útil da Lâmpada a Vapor em anos;

A Equação para o custo de economia do reator:

$$EC_{Reator} = \frac{VR}{TMR} \quad (3.6)$$

Sendo:

- VR : Valor do Reator;
- TMR : Tempo de Manutenção do Reator;

A Equação para o tempo de manutenção do reator em anos:

$$TMR = \frac{VUL}{VUR} \quad (3.7)$$

Sendo:

- VUL : Vida Útil da Lâmpada Led em anos;
- VUR : Vida Útil do Reator em anos;

A equação para economia do custo da lâmpada:

$$EC_{Lâmpada} = \frac{VL}{TM} \quad (3.8)$$

Sendo:

- VL : Valor da Lâmpada Vapor;
- TM : Tempo de Manutenção;

A Equação para o tempo de manutenção da lâmpada em anos:

$$TM = \frac{VUL}{VUV} \quad (3.9)$$

Sendo:

- VUL : Vida Útil da Lâmpada Led em anos;
- VUV : Vida Útil da Lâmpada a Vapor em anos;

Para tanto, foram considerados os itens:

- Potência instalada por ponto;
- O calculo realizado para apenas 1 ponto de iluminação;
- Tempo de uso de 12 Hrs por dia;
- Tempo de custo de uso anual;
- Eficiência energética da lâmpada;
- Fluxo luminoso efetivo da lâmpada a vapor será analisada de acordo com a ABNT NBR 15129 – Luminárias para iluminação pública em relação ao refrator considerar o mínimo de 75% na perda do fluxo luminoso;
- Para a escolha da luminária LED será a analisada em virtude da semelhança do fluxo luminoso;
- Preço da lâmpada;

- Vida Útil da lâmpada;
- Os valores considerados do sistema como (lâmpada, reator e luminária) estão vinculados com a tabela SINAPI referente ao mês de Novembro de 2016 incluindo fornecimento e instalação estão acrescidos de percentual de alíquota de ICMS;
- As especificações do produto estão estabelecidas de acordo com o fabricante;
- O custo da Lâmpada de LED refere se a empresa ConexLED;
- O período de estudo de acordo com a vida útil da lâmpada de LED;

Com isso foi possível obter os seguintes dados:

- Economia de energia e custo por ano, incluindo lâmpadas, equipamentos auxiliares;
- Período de retorno do investimento (PayBack);

A tabela a seguir, demonstram as especificações, segundo o fabricante GElighting da lâmpada a vapor de sódio:

Tabela 5: Características Lampada a Vapor de Sódio

Dados	Características
Marca	GE lighting
Potência	250 w
Tensão	220 v
Eficiência Luminosa (Lm/W)	50
Modelo do bulbo	Tubular
Base	E40
Fluxo Luminoso (lm)	12500
Temperatura de Cor (K)	3900
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	25
Vida Média (Hrs)	28500
Diâmetro (mm)	48
Comprimento (mm)	260
Valor unitário lâmpada	R\$ 42,61

FONTE: GE lighting - Catálogo(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo da lâmpada a vapor de sódio:



Figura 21: Lâmpada a vapor de sódio. FONTE: GE lighting - Catálogo(2016).

A tabela a seguir, demonstram as especificações, segundo o fabricante INTRAL do reator para lâmpada a vapor de sódio:

Tabela 6: Especificações do Reator

Dados	Características
Marca	INTRAL
Potência	40 w
Redução	30 w
Tensão	220 v
Vida Media (Hrs)	86000
Valor unitário reator	R\$ 115,78

FONTE: INTRAL(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo do reator para a lâmpada a vapor de sódio:



Figura 22: Reator para lâmpada a vapor de sódio. FONTE: INTRAL(2016)

A tabela a seguir, demonstram as especificações, segundo o fabricante HIDRO WATS da luminária para lâmpada a vapor de sódio:

Tabela 7: Especificações da Luminária

Dados	Características
Marca	HIDRO WATS
Modelo	HW 35
Modelo do bulbo	Tubular
Redução Mínima	75% do fluxo luminoso
Valor unitário Luminária	R\$ 160,32

FONTE: HIDRO WATS(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo da luminária para a lâmpada a vapor de sódio:



Figura 23: Luminária para lâmpada a vapor de sódio. FONTE: HIDRO WATS(2016)

A tabela a seguir, demonstram as especificações, segundo o fabricante GElighting da lâmpada a vapor de Mercúrio:

Tabela 8: Características Lampada a Vapor de Mercúrio

Dados	Características
Marca	GE lighting
Potência	250 w
Tensão	220 v
Eficiência Luminosa (Lm/W)	52
Modelo do bulbo	Ovoide
Base	E40
Fluxo Luminoso (lm)	13000
Temperatura de Cor (K)	4000
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	40
Vida Media (Hrs)	20000
Valor unitário lâmpada	R\$ 31,26

FONTE: GE lighting - Catálogo(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo da lâmpada a vapor de mercúrio:



Figura 24: Lâmpada a vapor de mercúrio. FONTE: GE lighting - Catálogo(2016)

A tabela a seguir, demonstram as especificações, segundo o fabricante INTRAL do reator para lâmpada a vapor de mercúrio:

Tabela 9: Especificações do Reator

Dados	Características
Marca	INTRAL
Potência	40 w
Redução	30 w
Tensão	220 v
Vida Media (Hrs)	86000
Valor unitário reator	R\$ 86,67

FONTE: INTRAL(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo do reator para a lâmpada a vapor de mercúrio:



Figura 25: Reator para lâmpada a vapor de mercúrio. FONTE: INTRAL(2016)

A tabela a seguir, demonstram as especificações, segundo o fabricante HIDRO WATS da luminária para lâmpada a vapor de sódio:

Tabela 10: Especificações da Luminária

Dados	Características
Marca	HIDRO WATS
Modelo	HW 43
Modelo do bulbo	Ovoide
Redução Mínima	75% do fluxo luminoso
Valor unitário Luminária	R\$ 113,61

FONTE: HIDRO WATS(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo da luminária para a lâmpada a vapor de mercúrio:



Figura 26: Luminária para lâmpada a vapor de mercúrio. FONTE: HIDRO WATS(2016)

Para a escolha da luminária tipo LED será estabelecido em questão da eficiência luminosa especificada de acordo com os fabricantes das respectivas lâmpadas a vapores. A tabela a seguir, demonstra as especificações da Luminária tipo LED, segundo o fabricante CREE LED:

Tabela 11: Características Luminária LED

Dados	Características
Marca	CREE LED
Potência	119 w
Tensão	220 v
Tipo de fonte de luz	54 LED
Fluxo luminoso do LED (Lm)	15080
Eficiência do LED (Lm/w)	136
Índice de Reprodução de Cores	>70
Temperatura de Cor (K)	5 000
Vida Útil (Hrs)	100000
Fluxo Luminoso da Luminária(Lm)	13222
Eficiência da Luminária (Lm/w)	111
Valor unitário Luminária	R\$ 1350,92

FONTE: ConexLED - Catálogo(2016)

A Figura a seguir, demonstra o modelo da luminária de LED:



Figura 27: Luminária de LED. FONTE: ConexLED - Catálogo(2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as equações atribui-se os resultados vinculados ao estudo de viabilidade, em relação ao comparativo da eficiência da lâmpada de LED com a lâmpada a vapor de mercúrio:

Tabela 12: Lâmpada de LED x Lâmpada a Vapor de Sódio

Parâmetros em análise	Lâmpada de LED	Lâmpada a Vapor de Sódio
Potência Total(W)	119	260
Marca	CREE LED	GE lighting
Vida Útil (Hrs)	100000	28500
Fluxo Luminoso (Lm)	15080	12500
Fluxo Luminoso Efetivo(Lm)	13 222	9375
Eficiência do LED (Lm/w)	136	50
Índice de Reprodução de Cores	>70	25
Temperatura de Cor (K)	5000	2000
Tensão (V)	220	220
Preço Total (R\$)	R\$ 1.350,92	R\$ 318,71
Consumo (Kwh)	521,22	1138,8
Custo Energético (R\$/ Kwh)	R\$ 189,58	R\$ 414,22
Vida Útil (Anos)	22,8	6,5

FONTE: AUTOR

Com as equações atribui-se os resultados vinculados ao estudo de viabilidade, em relação ao comparativo da eficiência da lâmpada de LED com a lâmpada a vapor de sódio pode-se analisar o Playback:

Tabela 13: Playback LED x Vapor de Sódio

Economia	Valores unitário
Custo do Investimento	R\$ 1.350,92
Economia do Custo Energético	R\$ 64,02
Economia do Custo do Reator	R\$ 99,57
Economia do Custo da Lâmpada	R\$ 12,42

FONTE: AUTOR

Em relação ao Período de manutenção em anos dos equipamentos do sistema:

Tabela 14: Período de Manutenção

Manutenção	Período (anos)
Manutenção Lâmpada	3,5
Manutenção Reator	1,2

FONTE: AUTOR

Com as equações atribui-se os resultados vinculados ao estudo de viabilidade, em relação ao comparativo da eficiência da lâmpada de LED com a lâmpada a vapor de mercúrio:

Tabela 15: Lâmpada de LED x Lâmpada a Vapor de Mercúrio

Parâmetros em análise	Lâmpada de LED	Lâmpada a Vapor de Mercúrio
Potência Total (W)	119	260
Marca	CREE LED	GElighting
Vida Útil (Hrs)	100000	20000
Fluxo Luminoso (Lm)	15080	13000
Fluxo Luminoso Efetivo(Lm)	13 222	9750
Eficiência do LED (Lm/w)	136	52
Índice de Reprodução de Cores	>70	40
Temperatura de Cor (K)	5000	4000
Tensão (V)	220	220
Preço Total (R\$)	R\$ 1.350,92	R\$ 231,54
Consumo (Kwh)	521,22	1138,8
Custo Energético (R\$/ Kwh)	R\$ 189,58	R\$ 414,22

FONTE: AUTOR

Com as equações atribui-se os resultados vinculados ao estudo de viabilidade, em relação ao comparativo da eficiência da lâmpada de LED com a lâmpada a vapor de mercúrio pode-se analisar o Payback:

Tabela 16: Playback LED x Vapor de Mercúrio

Economia	Valore unitário
Custo do Investimento	R\$ 1.350,92
Economia do Custo Energético	R\$ 44,93
Economia do Custo do Reator	R\$ 74,54
Economia do Custo da Lâmpada	R\$ 6,25

FONTE: AUTOR

Em relação ao período de manutenção em anos dos equipamentos do sistema:

Tabela 17: Período de Manutenção

Manutenção	Período (anos)
Manutenção Lâmpada	5
Manutenção Reator	1,2

FONTE: AUTOR

Para melhor ênfase no estudo de caso foi analisado 32 pontos de iluminação tipo lâmpada a vapor de sódio situado na Avenida Olegário Maciel no centro de Caratinga - MG. A tabela a seguir, resulta no orçamento no local:

Tabela 18: Orçamento - Lâmpada a vapor de sódio

Característica	Resultado
Tipo de lâmpada	Lâmpada a vapor de sódio
Vida Útil (Anos)	6,5
Custo por ponto (R\$)	R\$ 318,71
Consumo no ponto (Kwh)	1138,8
Custo energético por ponto (R\$)	R\$ 414,22
Numero de pontos	32
Orçamento total (R\$)	R\$ 10.198,72
Custo energético total (R\$)	13.255,04
Consumo total (Kwh)	36.441,6

FONTE: AUTOR

De acordo com a Tabela 19 , aplicando a luminária LED no local:

Tabela 19: Orçamento - Luminária LED

Característica	Resultado
Tipo de lâmpada	Luminária LED
Vida Útil (Anos)	22,8
Custo por ponto (R\$)	R\$ 1.350,92
Consumo no ponto (Kwh)	521,22
Custo energético por ponto (R\$)	R\$ 189,58
Numero de pontos	32
Orçamento total (R\$)	R\$ 43.229,44
Custo energético total (R\$)	6.066,56
Consumo total (Kwh)	16.679,04

FONTE: AUTOR

5 CONCLUSÃO

Com o estudo proposto as lâmpadas a vapores estão de fato ultrapassadas, em virtude dos benefícios da utilização da tecnologia LED. Com essa inovação, as lâmpadas LED resultam se em uma alta vida útil reduzindo na manutenção, sendo sua principal característica redução do consumo energético, ou seja, as empresas responsáveis pelo fornecimento reduzem os gastos dos custos de energia. Sobre o estudo de viabilidade da implantação das luminárias tipo LED na cidade de Caratinga – MG, o conjunto com (lâmpada de sódio, luminária e reator) resultou se em um custo de 23,60% do valor das luminárias LED, porem seu consumo no sistema de iluminação acarreta se aproximadamente 218,50% anual a mais em relação ao mesmo. A luminária LED da marca CREED LED caracteriza se em uma vida útil, conforme o fabricante, de 22 anos e 10 meses pela comparação com a lâmpada a vapor de sódio resultando sua vida útil em 6 anos e 6 meses, ou seja, em virtude as luminárias LED apresentou se 71,50% a mais sobre a vida útil da lâmpada a vapor de sódio. O ponto negativo deste estudo, refere se em questão, do custo alto e manutenção desta luminária. Sobre o custo da luminária LED que resultou se em 76,41% a mais sobre do custo do conjunto com (lâmpada de sódio, luminária e reator). Em relação a manutenção da luminária LED é necessário obter mão de obra especializada pelo fato de ser uma tecnologia nova no mercado. O sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga - MG apresenta se pontos de iluminação de lâmpadas a vapor de sódio do tipo tubular e lâmpadas a vapor de mercúrio do tipo ovoide. O problema sobre a iluminação na cidade, que não há definição exata da quantidade dos pontos de lâmpada a vapores, tanto para vapor de mercúrio e para lâmpada a vapor sódio, ou seja, estudo foi analisado como se o sistema de iluminação apresenta se apenas uma das lâmpadas a vapores. Por esse motivo, os cálculos analisados foram estabelecidos de acordo com as especificações dos fabricantes e seus valores consultados na tabela SINAPI referente a data 10/2016, exceto a luminária LED da marca CREED LED sendo consultado os valores da empresa ConexLED. Sobre a análise comparativa da luminária LED com a lâmpada a vapor de mercúrio com as especificações do fabricante, resultou se em uma vida útil em horas de 80% a mais sobre a lâmpada a vapor. Porem seu consumo no sistema de iluminação acarreta se aproximadamente 218,50% a mais em relação a luminária LED. O ponto negativo sobre este estudo de comparação com a luminária LED, apresentou se em questão do valor de custo de 83% acima do valor comparativo com o conjunto (lâmpada, luminária e reator). Sobre o período de manutenção com 4 anos e 6 meses e a luminária LED com 22 anos e 10 meses.

A análise do Payback com estudo comparativo da lâmpada de LED com a luminária a vapor de mercúrio, se todos os pontos de iluminação da cidade fossem de lâmpada a vapor de mercúrio o retorno do investimento seria em torno de 10 anos e 9 meses. Em outra análise, se todos os pontos de iluminação da cidade fossem de lâmpada a vapor de sódio o retorno do

investimento seria em torno de 7 anos e 10 meses. No estudo de caso na Avenida Olegário Maciel, centro na cidade de Caratinga - MG, caracteriza seu sistema de iluminação por lâmpadas a vapor de sódio, por isso o payback o retorno do investimento seria em torno de 7 anos e 10 meses após a instalação das lâmpadas tipo LED na avenida, sendo seu investimento de R\$ 43.229,44 reais no sistema.

Com essas inovações, a tecnologia de LED exige uma mudança de pensamento dos planejadores, instaladores e usuários. Vantagens decisivas estão sendo colocadas à disposição dos usuários e das indústrias. A empresa responsável pela manutenção da cidade não apresenta luminárias tipo LED, é necessário contratar um fornecedor de luminárias LED para que a empresa execute a instalação. Portanto, a aplicação das luminárias LED proporcionará o sistema de iluminação pública da cidade de Caratinga – MG redução de consumo e manutenção, porém o ideal seria aplicação em pontos turísticos da cidade, como praças e ruas principais devido seu alto custo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 5101 : 2012 - Iluminação Pública

ABNT NBR 15129 : 2012 - Luminárias para Iluminação Pública

Atitudes Sustentáveis – Lâmpadas de LED – A grande inovação na iluminação. Disponível em: <http://www.atitudessustentaveis.com.br/noticias/lampadas-led-grande-inovacao-iluminacao/>. Acesso em: 15 Novembro 2016.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2002.

ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação. Brasil vai produzir lâmpadas LED. Mar. 2012. Disponível em: Acesso em: 15 Maio. 2016.

Atitudes Sustentáveis – Lâmpadas de LED – A grande inovação na iluminação. Disponível em: <http://www.atitudessustentaveis.com.br/noticias/lampadas-led-grande-inovacao-iluminacao/>. Acesso em: 15 Novembro 2016.

ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação. Uso de LED pode reduzir em 50% o consumo de energia. Disponível em: <http://www.abilux.com.br/portal/abilux-na-midia/4/uso-de-led-pode-reduzir-em-50-o-consumo-de-energia>. Acesso em: 14 de Novembro de 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – Eficiência Energética. Disponível em: www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlaspart1cap.pdf. Acesso em 14 de Novembro de 2016.

Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Anuario-EstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>. Acesso em: 14 de Novembro de 2016.

BIG - Banco de Informações de Geração. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 14 Outubro 2016.

Conex LED - Lampadas de LED - Modelo CLU - M120. Disponível em: http://conex.ind.br/arquivoscompartilhamento/catalogos-set16/clu_una.pdf. Acesso: 22 Novembro 2016.

COSTA, Daniel O. Estudo e determinação das características de lâmpadas de diferentes tipos. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho, Braga, 2010.

Ciência e Tecnologia - EcoD Básico: LED. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2011/fevereiro/ecod-basico-led>. Acesso em: 15 Novembro 2016.

Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). O que é Eficiência Energética. Disponível em: www.celpe.com.br/Pages/Eficiencia%20Energética/o-que-e-ef-energetica.aspx. Acesso em: 14 de Novembro de 2016.

Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Como a energia elétrica é gerada no Brasil Disponível em: <http://www.eletrabras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/main.asp?View=%7B6->

- 1D475A6-BBFC-41CE-98E3-2BA4FD90DB2F%7D. Acesso em: 14 de Novembro de 2016.
- ETAP. Dossier LED: iluminação com uma nova fonte de luz. 3. Ed. São Paulo: 2012 Eficiência Luminosa. Disponível em: < <http://luxside.com.br/blog/eficiencia-luminosa/>> Acesso em: 2 Maio. 2016.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>>. Acesso em: 14 Setembro. 2016.
- FREITAS, Luciana. A era dos LEDs; Revista Lumière, v. 143, p. 72 - 79, Março de 2010.
- GIL, Antonio C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GE Lighting LED – Catálogo de Luminária – Disponível em: <http://www.gelighting.com/LightingWeb/br/imagens/catalogo-luminarias-indoor-outdoor-90084.pdf>. Acesso em: 15 Novembro 2016.
- Ge Lighting – Catalogo de Produtos 2015. Disponível em: <http://www.gelighting.com/LightingWeb/br/images/catalogo-produtos-2015tcm388-90024.pdf>. Acesso: 22 Novembro 2016.
- Hélio Creder, Instalações Elétricas, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1991, Gilberto José Corrêa da Costa, Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação, EDIPUCRS, 1998.
- INTRAL – Reatores Lâmpada de Mercúrio de 250 w. Disponível em: http://intral.com.br/_files/product/4b86097478eb2a6b37582a35b5b78af.pdf. Acesso: 22 Novembro 2016.
- INTRAL - Reatores Lâmpada de Sódio de alta pressão 250 w. Disponível em: http://intral.com.br/_files/product/4bed5092f3f145029bd5e2c55e8ad77b.pdf. Acesso: 22 Novembro 2016.
- INTRAL – Iluminação Inteligente – Catalogo 2016. Disponível em: <http://intral.com.br/downloads>. Acesso: 22 Novembro 2016.
- José Fernando Mendes O papel dos LEDs na evolução da iluminação pública. Revista O Setor Elétrico - Ed. 54 - julho/2010.
- Led+Led Soluções para Comunicação Visual - O papel do Led na sustentabilidade. Disponível em: <http://www.ledmaisled.com.br/blog/o-papel-do-led-na-sustentabilidade/>. Acesso em: 15 Novembro 2016.
- LOPES, Sérgio B. Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. 2002. 218 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- Nova Geração - Soluções em Automação Industrial - Iluminação sustentável. Disponível em: <http://www.ngeletrica.com.br/destaque-1/iluminacao-sustentavel>. Acesso em: 15 Novembro 2016.
- ND-3.4. Companhia Energética de Minas Gerais. Manual de Distribuição. Projetos de Iluminação

Pública. Belo Horizonte - Minas Gerais.

Nascimento, Alan. Análise do Uso da Tecnologia LED na Iluminação Pública: Estudo das Perspectivas de Aplicação na cidade de São Paulo. Tese de M.Sc., Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil, 2012.

NBR 5461: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.

OSRAM. Iluminação: conceitos e projetos. 2012. Disponível em: http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/_pdf/Arquivos/Iluminao_Geral/Manual_do_Curso_Iluminacao_%2c_Conceitos_e_Projetos/AF_apostila_conceitos_e_projetos_SITE.pdf. Acesso em: 05 maio 2016.

O que é um diodo? Disponível em: < <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/led1.htm> > Acesso em: 15 Março. 2016.

Premium LUX - LEDs unem economia e sustentabilidade ambiental. Disponível em: <http://www-premiumlux.com.br/tecnologia-led/post/5-leds-unem-economia-e-sustentabilidade-ambiental>. Acesso em: 15 Novembro 2016.

Philips, Iluminação, 2008. Disponível em: <http://www.luz.philips.com/portalHome>. Acesso em: 1 Maio 2016

Philips traz o futuro da iluminação ao Brasil. Disponível em: <http://www.philips.com.br/aw/about/news/archive/standard/about/news/article-2011061701.html>. Acesso em: 14 de Novembro de 2016.

PHILIPS. A solução em economia de energia: Catálogo. São Paulo, 2010. 2 p.

PremiumLUX - LEDs unem economia e sustentabilidade ambiental. Disponível em: <http://www-premiumlux.com.br/tecnologia-led/post/5-leds-unem-economia-e-sustentabilidade-ambiental>. Acesso em: 15 Novembro 2016.

RIBEIRO, Mariana. USP abre caminho para uso de iluminação de LED no Brasil. AUN – USP. São Paulo: 2010. Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/exibir.php?id=3498>. Acesso em: 17 maio. 2016.

Santana, Rosa Maria Bomfim. Iluminação Pública: Uma Abordagem Gerencial. Tese de M.Sc., Universidade Salvador, Salvador, BA, Brasil, 2010.

STC 52 / DT – Setor de Normatização Técnica – CELG – Companhia Energética de Goiás. Disponível em: <https://www.celg.com.br/arquivos/dadosTecnicos/normasTecnicas/NTC52.pdf>. Acesso: 22 Novembro 2016.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – Referente ao Mês de Outubro de 2016. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx.categoria_670. Acesso: 22 Novembro 2016.

Saber Eletrônica, LEDs: A iluminação do futuro. Ano 43, Edição 415, Agosto 2007. Disponível

em:<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/247>. Acesso em: 5 Abril 2016.

SOUZA, Roberta V. G.; LEITE, Paula R.; SOARES, Carla P. S. . Revista Lumière, v. 159, p. 114 - 118, Julho de 2011.

SILVA, Lourenço L. F. Iluminação pública no Brasil: aspectos energéticos e institucionais. 2006. 172 fl. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SALES, Roberto P. LED, o novo paradigma da iluminação pública. 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Engenharia do Paraná, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2011.

Tecnologia LED e inovações em Iluminação pública - Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/docs/Tecnologia-LED-e-Inovacoes-em-Iluminacao-Publica.pdf>. Acesso em: 15 Novembro 2016.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008. 115 p.

Vinícius de Araújo Moreira, Iluminação e Fotometria – teoria e aplicação, Edgard Blucher Ltda, 1987.

Valores de Tarifas e Serviços - Cemig. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Paginas/valoresdetarifaeservicos.aspx>>. Acesso em: 17 Setembro. 2016.

Vida Mediana ou Vida Útil?. O Setor Elétrico, mar. 2011. 52. ed.

**ANEXO A VALOR DA LUMINÁRIA LED. FONTE: LED CONEX -
ELETROMECAÂNICA IND. E COM. LTDA (2016)**

	CONEX - ELETROMECAÂNICA IND. E COM. LTDA		emissão: 17/11/2016 - 14:24:07	
	RUA PATAGÔNIA, 70 - VILA SANTA LUZIA - TABOAO - SAO BERNARDO DO CAMPO - SP - 09886-070		Orçamento: 065725	
	tel.: (11)2331-0303 - CONEX@CONEX.IND.BR		Data de emissão: 17/11/2016	
	REPRESENTANTE: NENHUM Contato: ALINEBERADINE		Validade da proposta: 27/11/2016	
		email:		

produto(s)	cl. fiscal	dispon.	data		unid.	qtd.	vl. unitário	vl. total	aliqu. ipi	valor ipi	aliqu. icms	valor icms	base st	valor s.t
			entrega											
03 - CLU-M120K50IES2 - LUMINARIA MODULAR LED PUBLICA 119W,	9405.40.10		29/12/2016		PC	1	1.350,9200	1.350,92	15,00	202,64	12,00	186,43	1.887,23	113,87

Figura 28: Valor da Luminária LED. FONTE: LED CONEX - ELETROMECAÂNICA IND. E COM. LTDA (2016)