

**FACULDADE PATOS DE MINAS
ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ALISSON CARLOS CLEMENTE
CLAYTON PAIVA
WENDELL CARLOS MARTINS JÚNIOR**

GERENCIAMENTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

**PATOS DE MINAS
2018**

**ALISSON CARLOS CLEMENTE
CLAYTON PAIVA
WENDELL CARLOS MARTINS JÚNIOR**

GERENCIAMENTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Igor Nunes Caixeta

**PATOS DE MINAS
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos conceber o dom da vida e permitir que chegássemos até aqui, nos proporcionar saúde e conhecimento suficientes para realização deste trabalho que fora nossa primeira conquista de muitas que virão em nossa área.

Agradecemos a todas as pessoas importantes de nossas vidas, nossos pais, familiares, filhos e esposas que compreenderam nossos momentos de ausência e nos apoiaram para um bem maior, oferecendo conforto e força para seguir em frente mesmo com todas as dificuldades.

Agradecemos a todos os profissionais e professores envolvidos neste trabalho que se disponibilizaram a compartilhar seu conhecimento conosco e ouvir nossas dúvidas, em especial ao nosso orientador.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de nossa formação e contribuíram para esta conquista, o nosso muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de monitoramento e gerenciamento, a título de estudo da eficiência energética, do sistema de iluminação pública, por meio de um comparativo dos modelos convencionais, que utilizam lâmpadas vapor de mercúrio e lâmpadas vapor de sódio e tendências futuras, tal como o sistema de iluminação pública com lâmpadas de Led.

Tal estudo consiste em monitorar a corrente e tensão da entrada do conjunto de iluminação pública para obter o perfil de fornecimento de energia elétrica , assim como, gerenciar pontos escuros presentes nas cidades facilitando a prestação de serviços, pela empresa local.

Palavras Chave: Monitoramento; Iluminação; Pública; Gerenciamento.

ABSTRACT

This work presents the development of a prototype of monitoring and management, as a study of energy efficiency, of the public lighting system, through a comparison of conventional models, using mercury vapor lamps and sodium vapor lamps and future trends , such as the public lighting system with LED lamps.

Such a study consists of monitoring the current and voltage of the entrance of the public lighting assembly to obtain the profile of electric power supply, as well as managing dark spots present in the cities facilitating the provision of services by the local company.

Keywords: Monitoring; Lighting; Public; Business Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lamparina à base de óleos vegetais e/ou animal.....	12
Figura 2 - Diagrama Lâmpada vapor de mercúrio.....	15
Figura 3 - Tipos de lâmpadas e sua vida Útil.....	16
Figura 4 - Diagrama Lâmpada vapor de sódio.....	17
Figura 5 - Tipos de lâmpadas e sua vida Útil.....	18
Figura 6 - Foto resistor LDR.....	22
Figura 7 - Diagrama Relé Fotoelétrico.....	23
Figura 8 - Tipos de luminárias e sua vida útil.....	25
Figura 9 - Protótipo 1 montado.....	31
Figura 10 - Protótipo 2 montado.....	34
Figura 11 - Diagrama de ligação do monitoramento.....	36
Figura 12 - Protótipo de monitoramento.....	36
Figura 13 - Gráfico Potência x Corrente Lâmpada Vapor de Mercúrio..	37
Figura 14 - Monitoramento estado Lâmpada Vapor de Mercúrio.....	37
Figura 15 - Gráfico Potência x Corrente LED.....	38
Figura 16 - Monitoramento estado LED.....	38
Figura 17 - Demanda lâmpada vapor de mercúrio.....	43
Figura 18 - Demanda luminária LED.....	43
Figura 19 - Economia Mensal do Sistema.....	43
Figura 20 - Tempo de retorno do investimento.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Tema de Estudo	8
1.2 Justificativa	8
1.3 Problema	9
1.4 Objetivo Geral	9
1.5 Objetivo Específico	9
1.6 Metodologia de Desenvolvimento / Materiais e métodos	9
2 HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	11
2.1 A História da Iluminação Pública	11
3 LÂMPADAS	13
3.1 Lâmpada Vapor de Mercúrio Alta Pressão – V.M.A.P	13
3.1.1 Estrutura de uma Lâmpada V.M.A.P	13
3.1.2 Características Principais	14
3.1.3 Funcionamento	15
3.2 Lâmpada Vapor de Sódio Alta Pressão – V.S.A.P	15
3.2.1 Estrutura de uma lâmpada	16
3.2.2 Características Principais	16
3.2.3 Funcionamento	17
4. COMPONENTES AUXILIARES DAS LÂMPADAS	18
4.1 Reator	18
4.2 Ignitor	18
4.3 Capacitor	19
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS LÂMPADAS	20
5.1 Considerações Gerais V.M.A.P	20
5.2 Considerações Gerais V.S.A.P	20
6 COMANDO PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	20
6.1 Foto resistor – LDR	21
6.2 Células Fotoelétricas	21
6.3 Relé Fotoelétrico	21
6.3.1. Funcionamento	22
7. ILUMINAÇÃO VIA LEDS	23

7.1 Contexto Histórico	23
8. ORÇAMENTO DOS PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	25
8.1 Ponto de Iluminação Pública Convencional	25
8.2 Ponto de Iluminação Pública com LED	25
9. PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	27
9.1 Descrições do Protótipo	27
9.1.1 Vantagens do Protótipo	28
9.1.2 Desvantagens do Protótipo.....	29
9.2 Primeiro modelo de Protótipo	29
9.2.1 Materiais para montagem	29
9.2.2 Funcionamento.....	30
9.3 Segundo modelo de Protótipo	32
9.3.1 Funcionamento.....	32
9.4 Monitoramento	33
9.4.1 Descrição	33
9.4.2 Funcionamento.....	34
9.4.3 Programação	38
9.4.4 Materiais utilizados	40
9.5 Economia entre os dois protótipos	40
9.6 Gerenciamento via RF (rádio frequência).....	43

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema de Estudo

No presente estudo, é realizado uma comparação da instalação de lâmpadas LED em substituição de lâmpadas de vapor de sódio na Iluminação Pública por meio de um Sistema de Gerenciamento, utilizando rede de computador wireless e Arduino, com intuito de monitorar a manutenção e falhas ocorridas sem que haja a necessidade de contato telefônico do cliente com a concessionária. Em uma má gestão na manutenção da Iluminação Pública, implica em uma demora da manutenção em alguns pontos na cidade, ocorrendo assim um transtorno na falta de luminosidade do local, acarretando uma falta de segurança e um grande descontentamento do cliente, já que é cobrado em sua conta de luz mensalmente, a taxa de iluminação pública.

1.2 Justificativa

O alto custo com a iluminação convencional, sendo eles, de instalação, manutenção e funcionamento (toda vez que há um desligamento é necessário um tempo para o seu reestabelecimento), faz-se necessário estudos para redução destes custos. Portanto, o motivo da utilização deste sistema, é que além da iluminação por LED ser mais econômica em consumo energético, a sua eficiência energética é melhor que a convencional. Uma luminária de 50w de LED, por exemplo, equivale a duas lâmpadas de 100W de vapor de sódio, em eficiência energética, ou seja, o seu consumo é bem menor que a de vapor de sódio. O motivo da utilização da implantação do gerenciamento, é que esse sistema, além da economia, com uma falta de energia em um ponto qualquer, é enviado na central de monitoramento ou até mesmo via celular ou tablete, uma mensagem informando a ocorrência de tal falha, discriminando o ponto exato do local da falha, possibilitando assim, uma maior eficiência no tempo de manutenção e restabelecimento da energia elétrica.

Também esse sistema tem a finalidade de monitorar sua corrente elétrica e tensão para que possa verificar seu consumo e a causa da queima da luminária ou lâmpada.

1.3 Problema

A Iluminação precária, sem o monitoramento, objeto do presente estudo, ocasiona, uma demora no reestabelecimento da energia elétrica por falta de saber sua localização, uma iluminação ruim em pontos onde há necessidade de maior iluminação, um valor financeiro não compensativo e ineficiente da taxa de iluminação pública, já que o consumidor as vezes não tem esse serviço à disposição.

1.4 Objetivo Geral

Elaboração de um estudo de caso para implantação de um sistema simples, eficiente e de baixo custo, que possa diminuir custos em tarifas de energia pública e que seja acessível em lugares onde esse serviço é de total necessidade.

1.5 Objetivo Específico

Aplicar o estudo em um projeto real identificando todos os processos envolvidos na realização de um bom trabalho.

1.6 Metodologia de Desenvolvimento / Materiais e métodos

O projeto em estudo será baseado através de normas técnicas para que se possa desenvolvê-lo e testá-lo, dentro dos padrões corretos de utilização, distribuição e consumo de energia.

A implantação do trabalho em destaque será desenvolvida em um local definido pelos estudantes, onde será feita a instalação de todo o sistema, e também para melhoramento da iluminação, para que se possa verificar, acompanhar, dimensionar, de forma correta, seu funcionamento e eficácia para que na ocorrência

de possíveis erros possam ser resolvidos, acompanhados e relatados ao orientador e equipe envolvida.

Os materiais utilizados no projeto foram materiais obtidos pelos alunos envolvidos, para simular uma instalação real, consistindo em um protótipo de pequeno porte podendo este ser realizado em uma planta de um projeto maior.

2 HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL

2.1 A História da Iluminação Pública

Nos primórdios do território brasileiro, antes da colonização, em 1500, o fogo e a lua eram as únicas fontes de luz. Com o desembarque dos portugueses em solo tupiniquim, outras formas de iluminação oriundas da Europa foram sendo implantadas por aqui. Uma das primeiras alternativas como fonte de luz trazida pela Coroa Portuguesa foi a lamparina à base de óleos vegetais e/ou animal. O óleo mais utilizado era o de oliva, mas como necessitava de importação do continente europeu, o que gerava altos custos e que posteriormente foi substituído por óleos produzidos aqui no Brasil. (1)

No Século XIX, algumas cidades brasileiras passaram a ser iluminadas com lâmpadas de óleo de baleia. Na cidade do Rio de Janeiro, a iluminação pública à base de óleo vegetais e animais foi implantado no ano de 1794. (1)

Figura 1: lamparina à base de óleos vegetais e/ou animal



Fonte:(1)

Em São Paulo, a utilização de óleos como iluminação pública chegou somente no ano de 1830. Vale ressaltar que eram necessários funcionários que

ascendessem diariamente as luzes nas ruas das cidades. No ano de 1854, São Paulo foi a primeira cidade brasileira a implantar a iluminação a gás – esse serviço ficou na cidade até meados de 1936, quando foram apagados os derradeiros lampiões. Na cidade de Campos, no Rio de Janeiro, foi a primeira cidade a ter luz elétrica nas ruas, em virtude da presença de uma usina termoelétrica, desde 1883. Rio Claro, em São Paulo, foi a segunda cidade a ter luz elétrica nas ruas, também em razão da presença de uma termoelétrica. A cidade do Rio de Janeiro somente implantou o serviço da luz elétrica nas ruas no ano de 1904; e São Paulo, no ano posterior, em 1905. Outras cidades, como Juiz de Fora, Curitiba, Maceió, entre outras, implantaram o serviço de iluminação pública elétrica bem antes que o Rio de Janeiro e São Paulo. Mas a implantação a luz elétrica nas ruas não substituiu totalmente as lâmpadas a gás – estes foram sendo substituídos aos poucos, convivendo ao mesmo tempo nas cidades a luz elétrica e os lampiões a gás, ou seja, a modernização junto com o antigo. (1)

A iluminação pública foi importantíssima para as cidades em virtude do crescimento da urbanização e dos problemas gerados por esse crescimento, com a falta de infraestrutura nas cidades (esgoto, água tratada). Atualmente, a falta de iluminação pública nas ruas contribui bastante para a prática de crimes. A escuridão e a falta de iluminação prejudicam os cidadãos, que, geralmente, em razão o trabalho, estudo dentre outras atividades, acabam transitando nas ruas à noite. A falta de iluminação pública nas ruas das cidades contribui significativamente para a falta de segurança da população das cidades. (1)

3 LÂMPADAS

Conforme foi visto no capítulo anterior, a Iluminação Pública passou por grandes mudanças desde seu surgimento até os dias atuais, algumas dessas serão vistas nos próximos capítulos.

3.1 Lâmpada Vapor de Mercúrio Alta Pressão – V.M.A.P

Também conhecida pelo nome de lâmpada de descarga em alta pressão, tem como princípio para sua geração de luz a passagem de corrente elétrica pelo gás e pelo mercúrio vaporizado presente no tubo de arco. (2)

3.1.1 Estrutura de uma Lâmpada V.M.A.P

A lâmpada de Vapor de Mercúrio Alta Pressão tem como principais componentes os seguintes itens abaixo:(2)

- Bulbo com revestimento de Fósforo:

É praticamente a carcaça que engloba os componentes da lâmpada, facilmente visível pelo observador. O Fósforo serve para corrigir a cor da luz emitida dos raios ultravioleta. O Bulbo filtra os raios ultravioletas gerado pelo tubo de arco.

- Eletrodo principal:

Responsável por receber tensão ao fechar o interruptor e ocasionar o rompimento dielétrico do meio interno no tubo de arco para haver circulação de corrente.

- Tubo de arco:

Armazena o gás a ser ionizado e o mercúrio a ser vaporizado.

- Suporte para o Tubo de arco
- Eletrodo Auxiliar
- Resistor de Partida

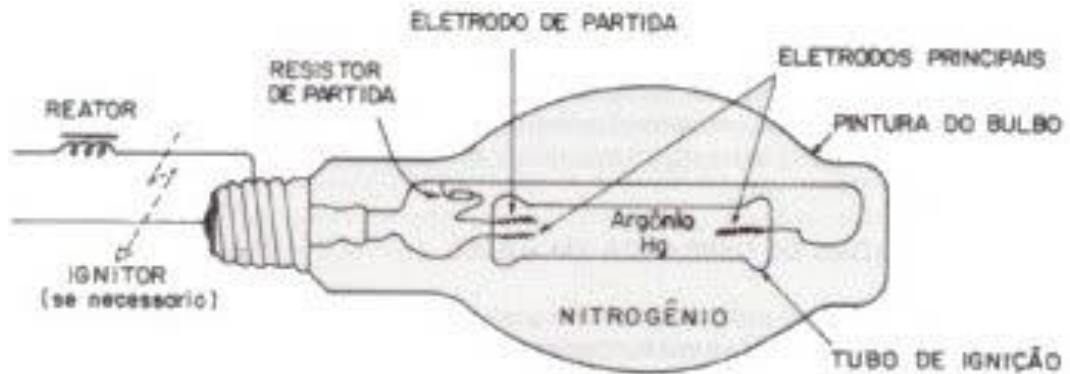
Limita a corrente que irá circular entre o eletrodo principal e o auxiliar.

- Base

Suporte rosqueável para a lâmpada.

- Isolante
- Contatos (2)

Figura 2: Diagrama Lâmpada vapor de mercúrio



Fonte: (3)

3.1.2 Características Principais

Possui elevada eficiência luminosa, em torno de 50 lm/W (lúmens por Watt), média realizada com base nas potências de lâmpadas padronizadas pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) sendo elas de 80W, 125W, 250W e 400W.(2)

Vida útil longa, em torno de 15 mil horas, lembrando que é um valor médio variável de acordo com as potências de cada lâmpada padronizada pela CEMIG.

Tem a necessidade do Reator como um equipamento auxiliar para seu funcionamento.

Apresenta tempo para acendimento até o momento que ocorre a sua capacidade luminosa total é de 5 a 7 minutos.

Grande resistência a choques e vibrações devido ao material próximo da base e o bulbo de fósforo.

Figura 3: Tipos de lâmpadas e sua vida Útil

Potência	Modelo de Bulbo	Fluxo Luminoso (lm)	Corrente (A)		Vida Média (horas)
			Nominal	Partida	
80	Ovóide	3.800	0,45	0,63	10.000
125		6.300	0,69	0,97	12.000
250		13.000	1,33	1,86	
400		22.000	2,1	2,94	15.000
Valores referidos para tensão 220 volts e alto fator de potência					

Fonte:(2)

3.1.3 Funcionamento

Quando se fecha o interruptor, circula uma tensão de 220V até os dois eletrodos principais e também entre o eletrodo principal e o auxiliar adjacente.

Dentro do bulbo existe um eletrodo principal próximo do auxiliar, que após fechado o interruptor, há tensão elétrica neles, ionizando o gás, fazendo com que haja passagem de corrente elétrica na forma de arco elétrico (rompimento dielétrico) que por sua vez aquece e vaporiza o mercúrio dentro do tubo de arco, sendo esta corrente limitada pelo resistor de partida. (2)

Com o gás ionizado dentro do tubo de arco, a resistência do ambiente será mais baixa que o resistor, logo a corrente circulará entre os dois eletrodos principais. Ocorre um aumento no aquecimento e pressão interna do gás e vaporização de mercúrio resultando no aumento gradativo do fluxo luminoso conforme sua potência nominal.

3.2 Lâmpada Vapor de Sódio Alta Pressão – V.S.A.P

Também pertence à classe das lâmpadas de descarga a alta pressão. Possui o sódio como principal elemento da radiação, apesar de ter também o Mercúrio e o gás Xenônio (responsável pela coloração “branca”). (2)

3.2.1 Estrutura de uma lâmpada

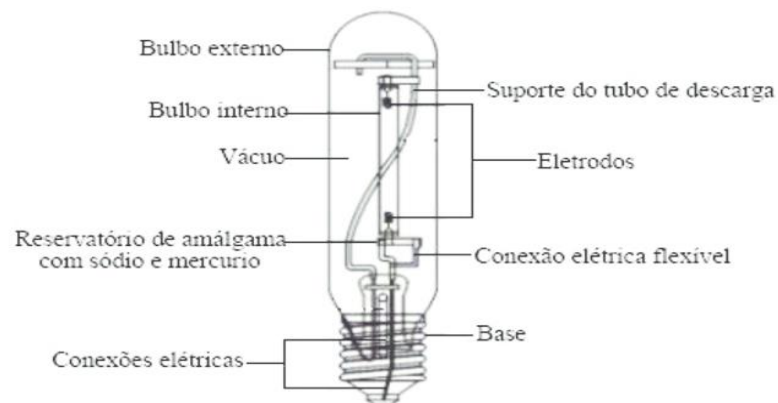
A Lâmpada Vapor de Sódio Alta Pressão tem como principais componentes os seguintes itens abaixo:(2)

- Eletrodo Principal

Recebe tensão para provocar o rompimento dielétrico do meio e possibilitar a passagem de corrente elétrica entre os dois eletrodos.

- Suporte para o tubo de arco.
- Tubo de arco.
- Contato
- Base
- Isolante

Figura 4: Diagrama Lâmpada vapor de sódio



Fonte: (4)

3.2.2 Características Principais

Vida útil longa, média aproximada de 24 mil horas com base nas potências padrão da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), sendo o valor variável de acordo com cada uma, alta eficiência luminosa, em torno de 80 lm/W a 118 lm/W (lúmens por watt) média realizada com base nas potências de lâmpadas padronizadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), sendo elas nas potências de 70W,150W,250W,350W,360W e 400W.(2)

Necessidade de reator e ignitor como equipamentos auxiliares.

Figura 5: Tipos de lâmpadas e sua vida Útil

Potência (W)	Modelo de Bulbo	Fluxo Luminoso (lm)	Corrente (A)		Vida Média (horas)
			Nominal	Partida	
70	Tubular	6.600	0,42	0,67	28.000
100		10.700	0,55	0,99	32.000
150		17.500	0,81	1,24	
250		33.200	1,23	2,04	
400		55.000	2,24	3,58	
Valores referidos para tensão 220 volts e alto fator de potência					

Fonte:(2)

3.2.3 Funcionamento

Neste tipo de lâmpada a tensão da rede 220V (volts) não é suficiente para ionizar o gás presente internamente no tubo de arco, havendo então a necessidade do ignitor para ocasionar um surto de tensão, geralmente entre 1500 a 4500 volts, ionizando o gás circulando corrente elétrica entre os dois eletrodos principais. (4)

Este surto de tensão dura micro segundos, servindo apenas na partida para o funcionamento da lâmpada. Após a ionização do gás, a resistência do meio é muito pequena, entrando em ação o reator que limita a corrente evitando a queima da lâmpada e provocando a queda de tensão necessária para a lâmpada. (4)

Agora, havendo circulação de corrente no tubo de arco, o gás irá se aquecer e aumenta a pressão interna, aumentando a pressão, aumenta também a resistência, que por sua vez aumenta a queda de tensão até se estabilizar com o fluxo luminoso referente a sua potência e tensão nominal.

4. COMPONENTES AUXILIARES DAS LÂMPADAS

4.1 Reator

Como a lâmpada não trabalha com a tensão da rede que é 220V (volts), após a ionização do gás a resistência da lâmpada diminui drasticamente, o reator serve para reduzir a tensão para 18V (volts) aproximadamente.

Ele é instalado em série com a lâmpada, podendo-se dizer também que sua função é limitar a corrente da mesma, devido à baixa resistência e não queimá-la.

A impedância do reator é o fator que limita a passagem de corrente elétrica.

Pelo padrão da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) apresentam o fator de potência corrigido para 0,85.

São utilizados adequadamente conforme a potência da lâmpada, sendo eles de potências padronizadas pela CEMIG de 80W, 125W, 250W e 400W. Basicamente seu funcionamento é uma bobina que deve ser ligada em série com a lâmpada para provocar uma queda de tensão na mesma. (2)

Se o reator entrar em curto por qualquer motivo a lâmpada sofrerá uma sobre tensão e fatalmente queimará. (5)

4.2 Ignitor

É um dispositivo eletrônico, que tem a função de gerar um pulso de tensão elevado de curta duração para que haja ionização dos gases da lâmpada e se dê início ao processo de seu funcionamento.

Este pulso de tensão varia de 1500 a 4500 volts e seu tempo de duração varia em torno de um micro segundo, com taxa de duração de 2 pulsos por ciclo para lâmpadas com potências de 50W e 70W ou 1 pulso por ciclo para lâmpadas com potências de 150W, 250W e 400W, lembrando que é apenas na “partida” das mesmas.

4.3 Capacitor

É um componente utilizado nos reatores para corrigir o fator de potência do conjunto de iluminação pública para 0,85. A necessidade do mesmo surge pela existência de bobinas internas nos reatores capazes de diminuir a corrente que chegará à lâmpada para seu funcionamento, porém ocasionam um reativo indutivo no sistema. (5)

O capacitor é ligado nas duas fases da rede que chegam ao reator, como por exemplo, através dos conectores de bornes para ligação do reator. (5)

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS LÂMPADAS

5.1 Considerações Gerais V.M.A.P

Leva uma média de tempo de 7 minutos para atingir a sua luminosidade total. Caso ela venha a se apagar por algum motivo ela levará em torno de 3 minutos para voltar a funcionar

Ela produz raios ultravioletas devido aos gases presentes no tubo de arco, sendo assim, o bulbo externo atua como filtro para estes raios e também como corretor da cor emitida pelos mesmos.

Mesmo após a quebra do bulbo é possível que a lâmpada continue funcionando, devendo tomar cuidado devido a liberação dos raios ultravioleta.

5.2 Considerações Gerais V.S.A.P

Leva uma média de tempo de 15 minutos para atingir a sua luminosidade total. Diferente da lâmpada vapor de Mercúrio de alta pressão, a lâmpada vapor de Sódio de alta pressão produz uma quantidade insignificante de raios ultravioleta.

Todas as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão ficam acendendo e apagando ininterruptamente no fim da sua vida útil, sendo necessário troca-las o mais rápido possível para não danificar os demais equipamentos auxiliares.

Deve-se também tomar cuidado durante a troca levando em consideração que o ignitor esteja gerando pulsos de tensão.

6 COMANDO PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

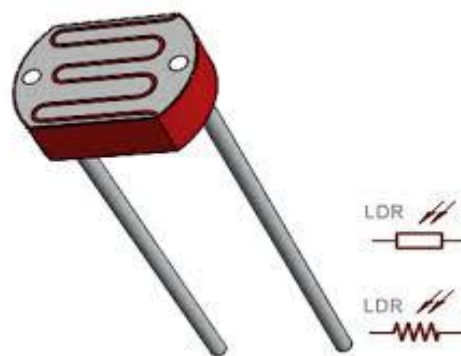
Tem como finalidade fechar ou abrir o circuito, permitindo a passagem de corrente elétrica ou não para o funcionamento da carga, em nosso caso a lâmpada.

6.1 Foto resistor – LDR

A sigla LDR vem do inglês “Light Dependent Resistor”, que no português significa resistor dependente de luz, cuja principal característica é a mudança de sua resistência elétrica conforme a quantidade de luz que incide sobre ele.

Estima-se que a resistência do LDR no escuro aumente cerca de 10 mil vezes na ausência de luz total.

Figura 6: Foto resistor LDR



Fonte:(6)

6.2 Células Fotoelétricas

Como o próprio nome já diz são células muito sensíveis as variações de luminosidade incidida sobre elas. O estudo sobre o uso destas células no mercado de trabalho vem garantindo cada vez mais espaço, sendo bastante empregadas na transformação de energia luminosa em elétrica, como por exemplo, geração de energia fotovoltaica ou no presente estudo, para abrir ou fechar o circuito conforme a incidência luminosa. Em outras palavras, podem variar a resistência do circuito em função da variação de luz.

6.3 Relé Fotoelétrico

É um dos componentes de suma importância no sistema de iluminação pública, pois é ele quem determina quando o circuito irá se fechar para que a lâmpada acenda.

Dentre seus principais componentes estão o Foto Resistor de Sulfato de Cádmiio, uma bobina com núcleo de ferro, contatos fixos e móveis e uma mola.

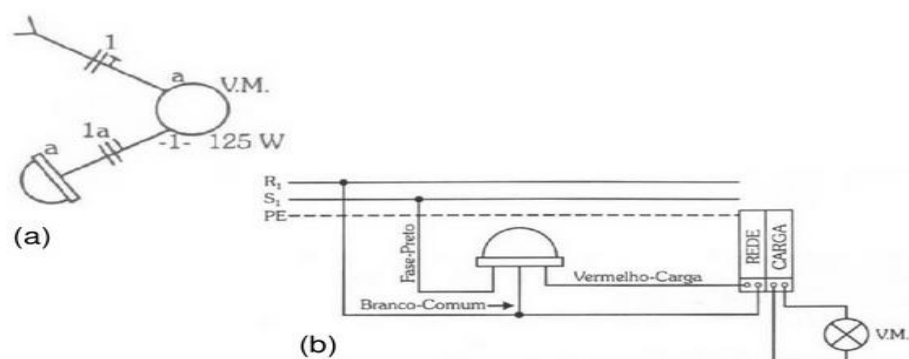
O foto resistor, capaz de aumentar a sua resistência em até 10 mil vezes na ausência de luz, aciona um contato ao receber incidência luminosa de quantidade suficiente para abaixar sua resistência para haver fechamento do circuito e por sua vez a passagem de corrente elétrica no sistema.

6.3.1. Funcionamento

Normalmente, o foto resistor é ligado em série com uma bobina e na presença de luz sua resistência reduz, ocasionando passagem de corrente elétrica pela bobina, que por sua vez, gera um campo magnético capaz de atrair o contato que está preso em uma mola. Tal evento ocorre porque todo condutor percorrido por uma corrente elétrica gera em torno de si um campo magnético. Após todos estes passos a lâmpada irá se apagar.

Já na ausência de luz a resistência do foto resistor aumentará consideravelmente até o ponto em que não haverá passagem de corrente elétrica pela bobina, fazendo com que o contato seja puxado de volta pela mola, fechando o outro circuito que irá acenda a lâmpada.

Figura 7: Diagrama Relé Fotoelétrico



Fonte:(6)

7. ILUMINAÇÃO VIA LEDS

7.1 Contexto Histórico

De conhecimento público os recursos energéticos de nosso planeta estão se tornando cada vez mais escassos causando uma grande preocupação nas futuras gerações.

Uma tecnologia que vem ganhando muito espaço no cenário de iluminação é a tecnologia LED, *Light Emitting Diode*, que significa “diodo emissor de luz”, tecnologia esta que permite as lâmpadas consumir menores quantidades de potência e emitir maior luminosidade que as lâmpadas convencionais. (7)

Um comparativo, para melhor entendimento deste assunto, uma lâmpada LED Bulbo 4,5W apresentando um fluxo luminoso de 480 lúmens é equivalente a uma lâmpada incandescente de 32 W, ou uma lâmpada halogênea de 32 W, ou uma lâmpada fluorescente de 10 W. Um refletor de LED de 50W equivale a um refletor Halogêneo de 200W, um Spot LED 4W equivale a uma lâmpada Dicroica Halogênea 50W, podendo assim se observar uma economia de até 92%, variando de acordo com os casos a serem utilizados.

Voltando para o assunto retratado neste trabalho, o uso da tecnologia LED no contexto da Iluminação Pública gera uma economia no consumo de energia para o município. (6)

Cada município possui um projeto elétrico de iluminação pública contendo a(s) potência(s) da(s) lâmpada(s) a serem instaladas em cada poste presente nos pontos de iluminação da cidade, sendo assim, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) faz a cobrança do consumo de energia gerado para o município de acordo com este projeto.

Portanto existe a possibilidade da instalação de uma tecnologia através da utilização de luminárias de LED afim de mostrar possíveis ganhos com a melhoria da eficiência do sistema, garantindo um estudo preliminar que poderá ser utilizado em uma eventual política pública que garanta a economia de energia, melhoria da eficiência energética do sistema, melhoria da qualidade da iluminação e sustentabilidade ambiental e financeira. (8)

A tabela abaixo demonstra alguns exemplos de potências de luminárias de LED com sua característica, valor monetário e vida útil.

Figura 8: Tipos de luminárias e sua vida útil

POTENCIA (WATTS)	EQUIV.	FLUXO LUMINOSO	CORRENTE (A)		VIDA MÉDIA (horas)	VALOR (R\$)
			NOMINAL	PARTIDA		
59	Conv. 100\150W	6674(lm)	127V-0,45 220V-0,26	127V-0,45 220V-0,26	50000(h)	299,00
115	Conv. 250W	13075(lm)	127V-0,89 220V-0,51	127V-0,89 220V-0,51	50000(h)	490,00
168	Conv. 400W	21028(lm)	127V-1,31 220V-0,76	127V-1,31 220V-0,76	50000(h)	619,00
217	Conv. 500\600W	25150(lm)	127V-1,69 220V-0,98	127V-1,69 220V-0,98	50000(h)	970,00
255	Conv. 600W	29250(lm)	127V-1,99 220V-1,15	127V-1,99 220V-1,15	50000(h)	1455,00

Fonte: (8)

8. ORÇAMENTO DOS PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

8.1 Ponto de Iluminação Pública Convencional

Chamamos de ponto de iluminação pública o conjunto de equipamentos ligados ao poste para o fornecimento de iluminação em vias públicas, sendo assim, o tal ponto é composto basicamente por lâmpada, reator, relé e braço de IP.

No protótipo, com intuito de monitorar o conjunto de iluminação pública foi utilizada a mesma padronizada pela Cemig, visivelmente nas vias públicas das cidades, e por haver diversas potências padronizadas pela concessionária local, foi escolhido o conjunto para funcionamento de uma lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão de 125W.(4)

O conjunto monitorado apresentou os seguintes custos:

- Lâmpada Vapor de Mercúrio A.P 125 W , marca Osram: R\$ 34,95.
- Braço para Iluminação Pública de 1,5 metros x 25mm: R\$ 64,00.
- Receptáculo porcelana E-27: R\$ 10,00.
- Reator Externo 220v, marca Ideal: R\$ 80,00.
- Relé Fotoelétrico Bivolt, marca Mapretron: R\$ 12,00.
- Base sensor Relé Fotoelétrico: R\$ 13,00.
- Luminária Pública fechada 125W e E-27: R\$ 189,90.

Logo o preço final de um ponto de iluminação pública com lâmpada vapor de mercúrio de 125W ficou em aproximadamente R\$ 403,85. (9)

O orçamento do protótipo não está incluso o custo de instalação e mão de obra, ou seja, apenas os materiais.

8.2 Ponto de Iluminação Pública com LED

No protótipo, com intuito de monitorar um conjunto de iluminação pública com maior economia, foram utilizados os equipamentos para funcionamento de uma luminária de LED para o mesmo fim com equivalência referente à mesma lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão padronizada pela Cemig.

O conjunto monitorado apresentou os seguintes custos:

- Luminária Pública LED CLU-M60 da Conexled: R\$ 690,00
- Braço para Iluminação Pública 1,5 metros x 1 pol.: R\$ 77,00

Logo o preço final de um conjunto de iluminação pública com luminária de LED de 60 w ficou em aproximadamente R\$ 767,00. (8)

Assim como no conjunto anterior, no orçamento do protótipo não está incluso, o custo da instalação e mão de obra, somente dos materiais.

9. PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

9.1 Descrições do Protótipo

Após ser estabelecido no art.30, inciso V da Constituição Federal, que será de responsabilidade dos municípios a manutenção de iluminação pública presente neles, criou várias oportunidades de emprego para empresas prestadoras de serviço nesta área, sendo de responsabilidade do município a preservação da qualidade da mesma e podendo terceirizar este serviço. (10)

Tendo em mente que uma iluminação pública estável proporciona uma melhor qualidade de iluminação a população, segurança para trafegar nas ruas, visibilidade aos motoristas, assim como vários outros fatores, é de suma importância este assunto, uma vez que várias das empresas contratadas para prestar serviços nesta área não exercem seu trabalho com a qualidade que deveriam.

A fiscalização pelos serviços provenientes da terceirização da iluminação pública é de responsabilidade da prefeitura, cabendo a eles cobrar prazo para atendimento ao cliente, assim como prazo para corrigir pontos apagados na cidade. (10)

Levando em consideração os fatores citados foi elaborada uma ideia para criação de um protótipo de monitoramento do estado da iluminação pública dos municípios, para proporcionar melhor fiscalização no atendimento ao cliente e o estado da mesma. O protótipo consiste em monitorar no ponto de iluminação desejado a tensão e corrente que está aplicado na mesma, comparando estes valores com os necessários para o funcionamento do conjunto instalado, podendo assim, ser diagnosticado se a concessionária de energia está fornecendo ao município a tensão correta, se está correto o balanceamento das fases do sistema e diagnosticar se o ponto de iluminação está funcionando ou não, alertando a concessionária em qual ponto surgiu o defeito.

Foi realizada a montagem de dois protótipos para monitoramento, simulando um monitoramento real de pontos de iluminação pública existente nas cidades para obter valores a serem comparados, os critérios levantados para análise dos dados

foram economia e qualidade de energia, sendo estes dois de suma importância para o município obter perfeito funcionamento da iluminação pública.

O primeiro protótipo, também com a finalidade de simular um ponto de iluminação pública, foi utilizado com lâmpada vapor de mercúrio, sendo uma das lâmpadas padronizadas pela Cemig e de maior uso do que as de LED nas cidades. Foram utilizados basicamente para montagem, um reator interno integrado, receptáculo E-27, relé fotoelétrico, lâmpada vapor de mercúrio 125 W e um disjuntor de proteção. (2,11)

O segundo protótipo consiste em simular um ponto de iluminação pública de LED para ser analisado. Foram utilizados em sua montagem basicamente um refletor de LED bivolt com potência de 10 w e um relé fotoelétrico do mesmo modelo do primeiro protótipo. (8)

Após a criação dos dois protótipos é possível gerar uma simulação do funcionamento de ambos os tipos de iluminação pública, podendo ser analisado por meio de um modelo de gerenciamento o estado dos conjuntos, por exemplo, se estão apagados ou acesos, a qualidade do fornecimento de energia para eles e a economia gerada pela mudança do tipo de iluminação pública através do monitoramento do consumo de ambos.

9.1.1 Vantagens do Protótipo

Sobre as vantagens do monitoramento do estado do conjunto, podem ser destacadas as seguintes:

- Monitoramento da tensão e corrente para o correto funcionamento da lâmpada.
- Monitoramento das fases utilizadas no sistema, facilitando o balanceamento de fases de toda a rede de iluminação pública, reduzindo o desequilíbrio de tensão e/ou corrente.
- Monitoramento de pontos escuros.
- Gerenciamento dos serviços e rotas.
- Eficiência ao atendimento ao cliente.
- Economia com rondas devido o monitoramento dos pontos escuros.

9.1.2 Desvantagens do Protótipo

O protótipo desenvolvido apresenta uma desvantagem em relação ao monitoramento da qualidade de energia do sistema quando utilizados lâmpadas que necessitam de ignitores, uma vez que o mesmo proporciona um pico de tensão para excitação dos gases presentes na mesma proporcionando seu início da intensidade luminosa. (12)

Para realizar a medição da qualidade de energia em casos que exigem o uso dos ignitores, é necessário um desenvolvimento de um novo protótipo com equipamentos que suportem a medição de picos de tensão que podem variar de 2,5 KV a 4,5 KV. (12)

Um exemplo de caso com ignitor é a lâmpada vapor de sódio.

9.2 Primeiro modelo de Protótipo

Existem dois tipos de lâmpadas padronizadas pela Cemig com suas respectivas potências para uso na iluminação pública, são elas as lâmpadas vapor de sódio e lâmpadas vapor de mercúrio, a escolhida para desenvolvimento do estudo deste trabalho foi à lâmpada vapor de mercúrio por seu funcionamento ser mais simples. (2)

O item primordial para definir esta lâmpada como a utilizada no presente estudo, foi à ausência do ignitor, componente responsável por produzir um pico de tensão para excitação dos gases presentes na lâmpada vapor de sódio e assim acendê-la. A medição da tensão e corrente presente na entrada da lâmpada, necessitam de equipamentos que suportem picos de tensão elevados, uma vez que o ignitor proporciona um pico de tensão de até 4,5 KV, variando de 2,5 KV até 4,5 KV conforme a potência da lâmpada, logo inviável financeiramente para este estudo. (12)

9.2.1 Materiais para montagem

Para montagem foram utilizados os seguintes materiais:

- Uma estrutura retangular de MDF de 60 cm x 40 cm.
- Conectores para fazer a conexões dos cabos.
- Uma base de 10 amperes para o relé fotoelétrico.
- Um relé fotoelétrico.
- Um reator interno integrado para lâmpada de 125 W.
- Uma lâmpada vapor de mercúrio de 125 W.
- Um disjuntor de proteção do circuito.
- Um receptáculo E-27.

9.2.2 Funcionamento

O funcionamento do protótipo consiste no mesmo processo de um ponto de iluminação pública presente nas cidades composto pelo conjunto da lâmpada vapor de mercúrio de 125 W, porém, independente da potência da lâmpada, o conjunto necessário para funcionamento deve permanecer o mesmo, variando apenas a potência dos equipamentos.

Figura 9: Protótipo 1 montado



Primeiramente, é necessário ter acesso a tensão de 220 volts, para isso, foi utilizada a alimentação do protótipo em uma tomada com esta tensão uma vez que a lâmpada precisa dela para trabalhar em perfeito estado. Uma forma alternativa de alimentação para simulação, mais realista, seria a utilização de duas fases da baixa tensão diretamente da rede, inviável tecnicamente neste projeto. Após realizado a alimentação corretamente, é acionado o disjuntor para fechar o circuito e permitir a passagem de corrente elétrica e também a proteção do protótipo caso haja alguma falha, por exemplo um curto circuito. (2,11)

Uma das fases da alimentação é ligada ao fio preto da base de 10 A do relé fotoelétrico que representa a fase 1 (um), a outra fase da alimentação é ligada ao fio branco da base que representa a fase 2 (dois) ou neutro e o fio vermelho corresponde ao retorno que irá para a lâmpada após a ligação correta no reator. (14)

A base de 10 A é responsável pela fixação do rele fotoelétrico e também fechar ou abrir o circuito de acordo com “ordem” vinda do mesmo através da célula fotoelétrica presente dentro dele. O relé fotoelétrico é fixado na base de 10 A para que ele possa realizar a função de abrir e fechar o circuito conforme a luminosidade que incide sobre ele, este efeito ocorre devido ao sensor LDR presente internamente do mesmo capaz de variar sua resistência conforme a luz. Após a realização das ligações corretamente foi preciso a utilização do reator. (2,11)

O reator consiste em limitar a corrente que chega à lâmpada, uma vez que ela trabalha com uma corrente de pico e uma corrente nominal de funcionamento ambas com valores pequenos, para que isso seja possível é necessário fazer as devidas ligações nele. Como a escolhida no protótipo para simulação da iluminação pública é uma lâmpada vapor de mercúrio de 125 W é necessário a utilização de um reator de 125 W para lâmpadas vapor de mercúrio, lembrando que os reatores são específicos para cada tipo de lâmpada com sua potência. O motivo de ser utilizado um reator do tipo interno é a fácil visualização das suas ligações e componentes para melhor entendimento do processo, o externo é mais compacto e fica exposto externamente nos postes com iluminação pública e o interno é utilizado internamente na luminária de iluminação pública. As ligações que foram feitas são conforme o diagrama unifilar presente no equipamento, o ponto de conexão 1 (um) corresponde ao fio vermelho da base de 10 A, o ponto 2 de conexão corresponde a fase que foi ligada juntamente ao fio branco da base de 10 A, o ponto 3 de conexão

corresponde ao contato central do receptáculo E-27 para tensão de alimentação de 220 volts destacando atenção neste ponto pois caso a tensão de alimentação necessária para o funcionamento da lâmpada for 240 volts, ou seja, apenas uma fase da rede utiliza-se o ponto 4, o ponto 5 de conexão corresponde ao contato lateral da lâmpada. (14)

O capacitor presente no reator é responsável pela correção do fator de potência da lâmpada do conjunto de iluminação pública sendo necessária a presença do mesmo devido ao reativo gerado pelos enrolamentos da bobina, ocasionando uma impedância capaz de reduzir a corrente que chegará à lâmpada. Como a potência reativa é prejudicial ao sistema elétrico e ocasiona multas pelo excedente gerado, a CEMIG, que é a companhia de energia local, padronizou que os conjuntos de iluminação pública devem ter seu fator de potência corrigido para 0,85. (2)

9.3 Segundo modelo de Protótipo

Considerando que existem outras formas de economizar e obter um fluxo luminoso equivalente ou superior aos modelos padronizados pela concessionária de energia local foi utilizado um segundo protótipo com um refletor de LED de maneira a demonstrar a economia e claridade gerada ao ambiente.

Foi utilizado um refletor de LED com potência de 10 W, que seria equivalente ao um conjunto de lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão de 80 W, porém o fato de ser utilizado um conjunto de potência de 125 W foi a disponibilidade de estoque do grupo de estudo, mesmo assim é possível analisar a proporção em que os dois conjuntos trabalham para posteriormente obter conclusões do estudo.

9.3.1 Funcionamento

O funcionamento é relativamente simples uma vez que o refletor de LED pode ser ligado tanto em 110 volts quanto em 220 volts, segue o mesmo esquema de ligação ao relé fotoelétrico para permitir passagem de corrente elétrica no período noturno ocasionando o funcionamento do refletor.

Figura 10: Protótipo 2 Montado



9.4 Monitoramento

9.4.1 Descrição

O monitoramento da qualidade da energia e gerenciamento do estado do ponto de iluminação pública são dois fatores de suma importância uma vez que pode ser observado o fornecimento correto da tensão e corrente para funcionamento do conjunto e estado real do ponto. Durante o desenvolvimento de um protótipo que atenda a estes quesitos foi levantado que seria necessário à obtenção dos seguintes dados:

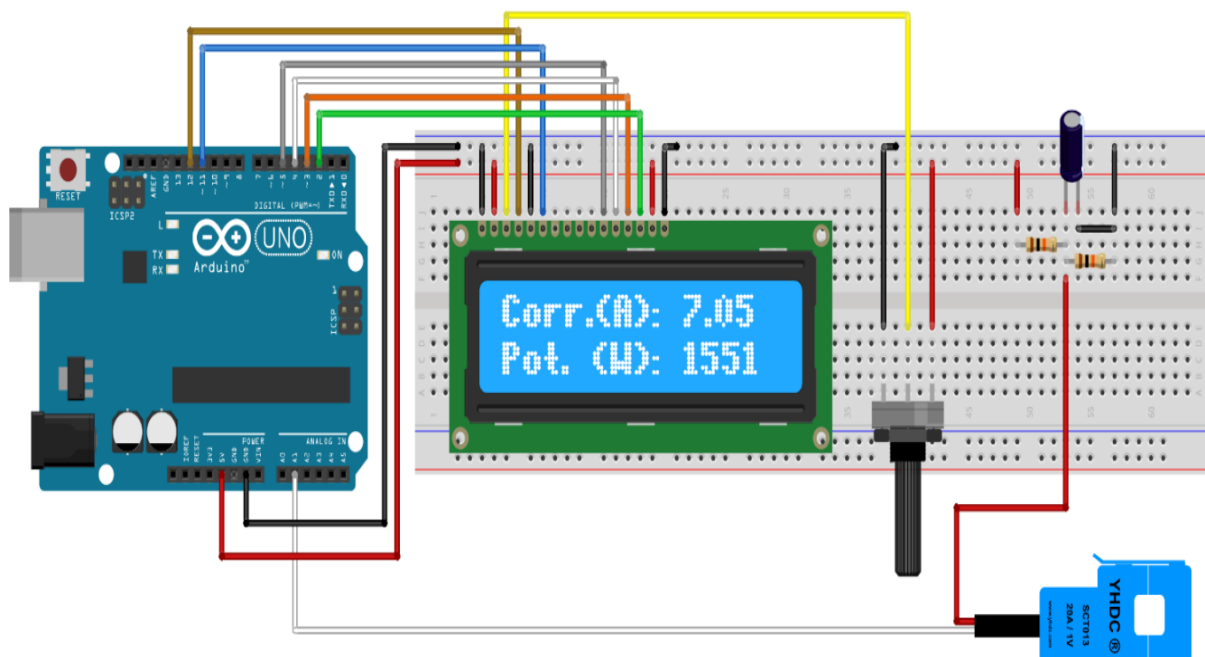
- Corrente de pico
- Corrente nominal
- Potência
- Tensão nominal
- Economia de energia

9.4.2 Funcionamento

O protótipo consiste em ler os valores de corrente que está passando na primeira fase do circuito de iluminação pública, lembrando que o conjunto pode ser ligado tanto em 220 volts (bifásico) ou 240 volts (monofásico) variando conforme a fonte de alimentação, que neste estudo é o transformador presente na rua, sendo assim, foi admitido tensão de alimentação do circuito de iluminação pública o valor nominal de 220 volts e utilizado a fase destinada a ligação do ponto 2 (dois) do reator como fonte da leitura de corrente pelo TC. (15)

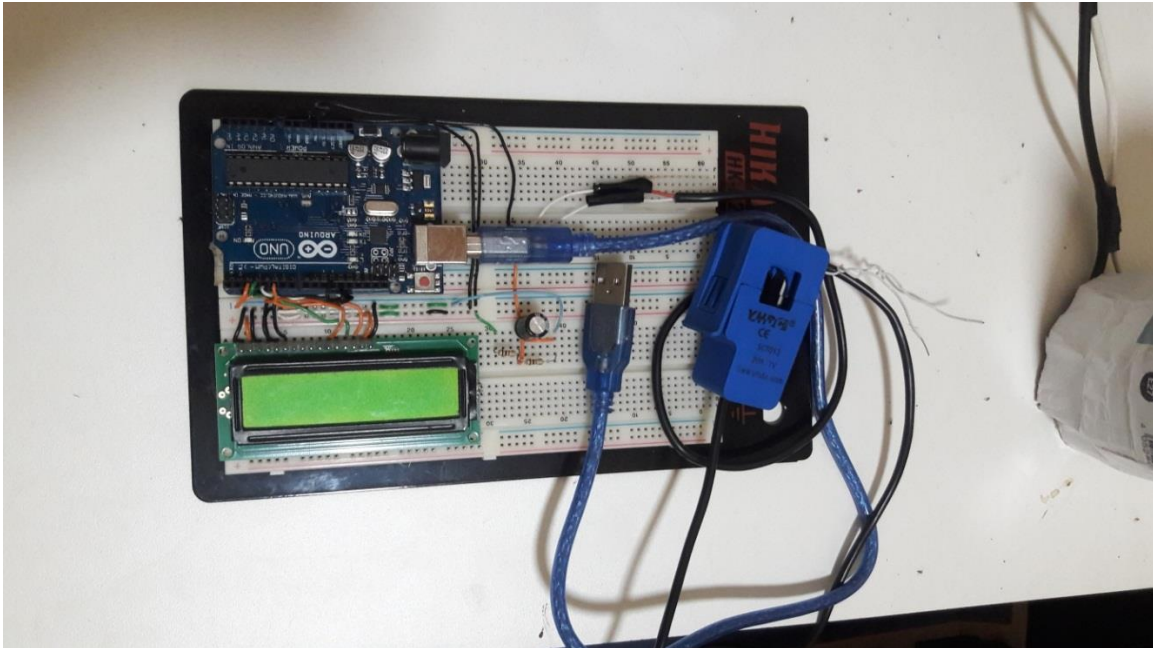
Após a leitura da corrente que está passando nesta fase é realizado a substituição do valor na fórmula da potência presente na programação do arduino UNO. O TC responsável por esta leitura foi ligado à entrada digital A1. Feito este procedimento é exibido o valor da corrente e potência no display LCD devidamente ligado aos pinos especificados conforme o diagrama abaixo, assim contemplando os critérios levantados no estudo sobre a qualidade da energia do sistema e com base nas respostas obtidas, conclui se o ponto apresenta o necessário para seu perfeito funcionamento ou se apresenta problemas oriundos de terceiros. (15)

Figura 11: Diagrama de ligação do Monitoramento



Fonte: (16)

Figura 12:Protótipo de Monitoramento



O monitoramento do estado do ponto de iluminação pública foi programado conforme os valores exibidos de potência pelo display, podendo ser utilizado para dizer se o ponto está funcionando, ou seja, lâmpada acesa durante a noite, ou está com algum problema que ocasionaria a lâmpada apagada durante a noite. O sistema consiste na análise do valor obtido através da fórmula da potência realizada internamente na programação do Arduino e exibir uma mensagem dizendo que o ponto está aceso se o valor de potência estiver próximo do valor nominal da carga ou se o ponto está apagado se o valor de potência estiver muito abaixo do valor nominal da carga. (15)

O reator realiza a função de abaixar a corrente proveniente da rede de distribuição da concessionária local para um valor aceitável para a lâmpada funcionar, este valor varia entre valores de corrente de pico e valor de corrente nominal de trabalho podendo ser observado tais variações na função monitor serial do Arduino e também no display LCD presente no protótipo, assim como é possível gerar gráficos, para melhor entendimento do assunto através da função Plotter Serial do Arduino.

Figura 13: Gráfico Potência x Corrente Lâmpada Vapor de Mercúrio

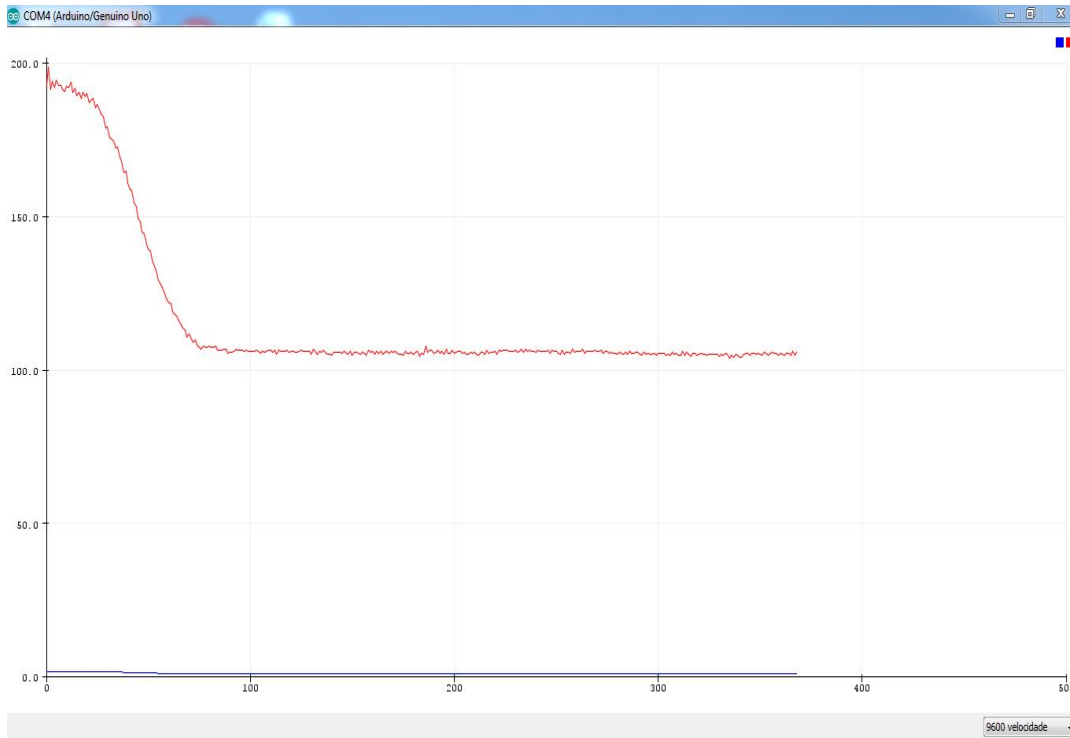
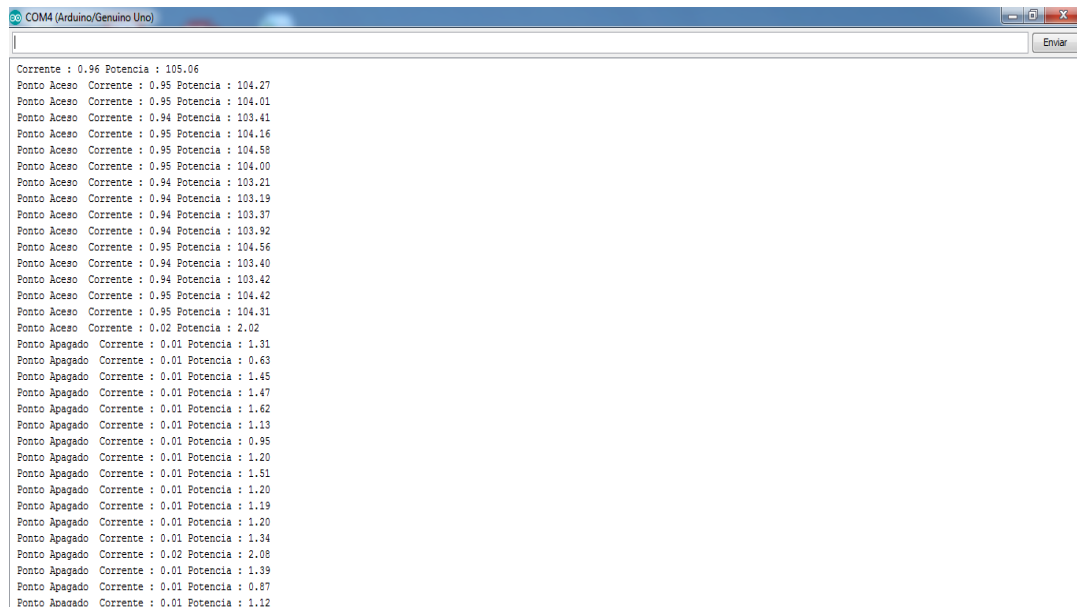


Figura 14: Monitoramento estado Lâmpada Vapor de Mercúrio



A economia de energia é outro fator a ser considerado e indispensável não abordar este assunto, logo foi realizado um comparativo demonstrando que um ponto de iluminação pública composto por luminária LED gera uma economia na fatura do município, uma vez que a potência consumida naquele ponto é menor que uma iluminação pública convencional, seja ela composta por lâmpada vapor de

sódio de alta pressão ou lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão. Tal fato pode ser comprovado através dos valores de potência exibidos no display LCD, Monitor Serial do arduíno e também nos gráficos gerados pelo Plotter Serial. (16)

Figura 15: Gráfico Potência x Corrente LED

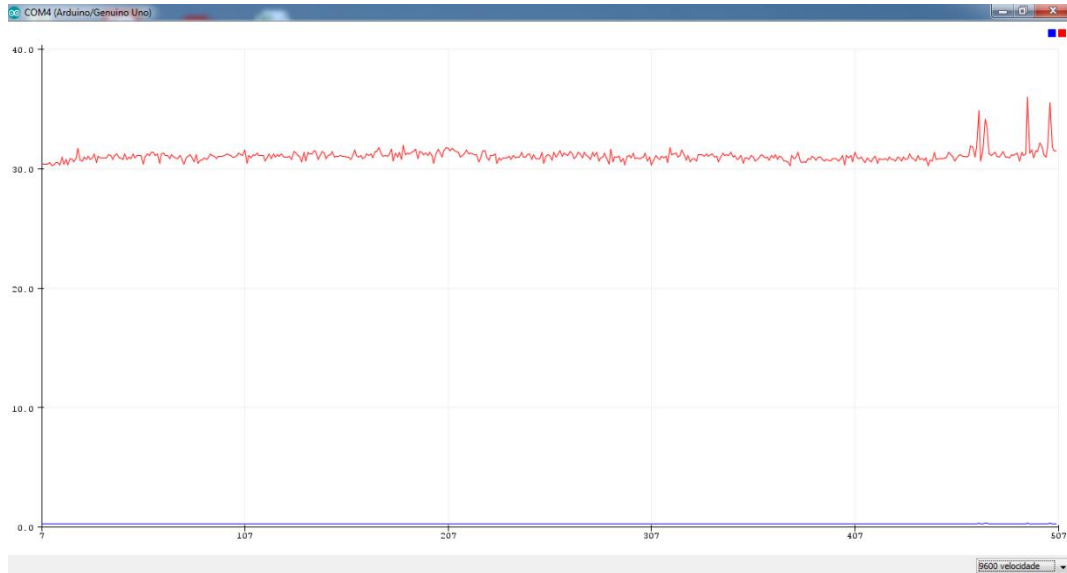
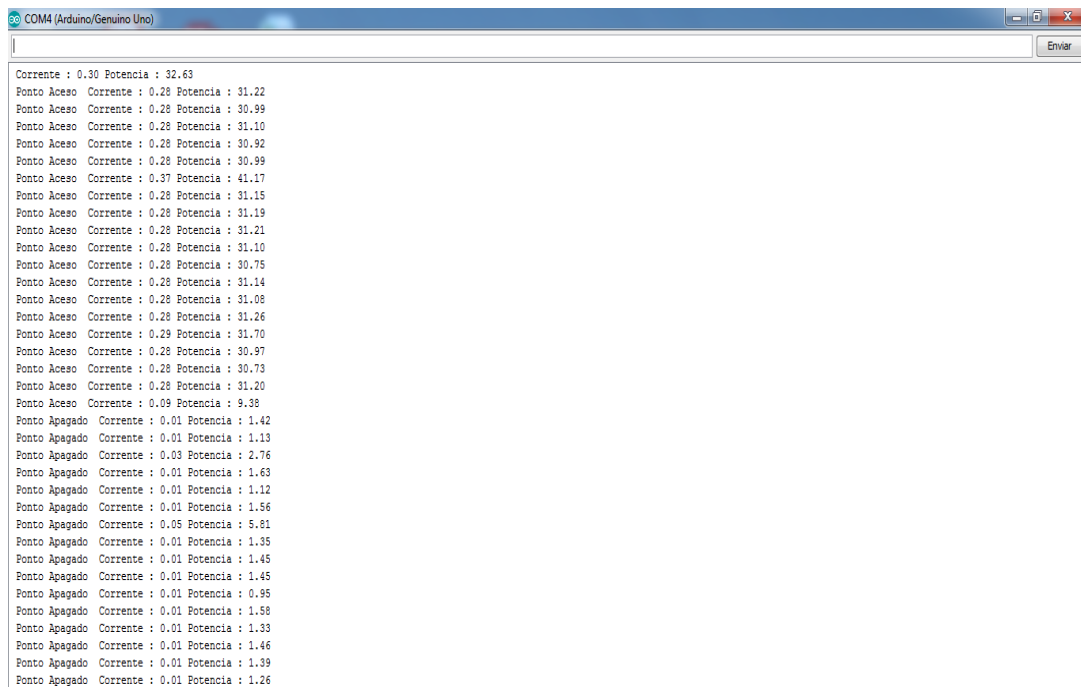


Figura 16: Monitoramento estado LED



9.4.3 Programação

Para realizar todos os pontos de estudo levantados neste trabalho foi necessário a seguinte programação:

```
//Programa : Medidor de corrente instantâneo

//Carrega as bibliotecas
#include <EmonLib.h>
#include <LiquidCrystal.h>

EnergyMonitor emon1;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

int pot = 0;

//Tensao da rede eletrica
int rede = 110.0;

//Pino do sensor SCT
int pino_sct = 1;

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
  Serial.begin(9600);
  //Pino, calibracao - Cur Const= Ratio/BurdenR. 1800/62 = 29.
  emon1.current(pino_sct, 29);
  //Informacoes iniciais display
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Corr.(A):");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Pot. (W):");
```

```
}  
void loop()  
{  
  //Calcula a corrente  
  double Irms = emon1.calcIrms(1480);  
  //Mostra o valor da corrente  
  Serial.print("Corrente : ");  
  Serial.print(Irms); // Irms  
  lcd.setCursor(10,0);  
  lcd.print(Irms);  
  
  //Calcula e mostra o valor da potencia  
  Serial.print(" Potencia : ");  
  Serial.println(Irms*rede);  
  lcd.setCursor(10,1);  
  lcd.print("  ");  
  lcd.setCursor(10,1);  
  lcd.print(Irms*rede,1);  
  
  delay(1000);  
  
  //Exibir estado do ponto conforme a potência  
  pot = (Irms*rede);  
  if(pot > 100){  
    Serial.println(" Ponto Aceso ");  
    delay(1000);  
  } else {  
    Serial.println(" Ponto Apagado ");  
    delay(1000);  
  }  
}
```


9.4.4 Materiais utilizados

Os materiais utilizados para elaboração do monitoramento do ponto de iluminação pública foram:

- Cabos de conexão
- Arduíno UNO
- Resistores 10.000 ohms
- Capacitor 60 micro faraday
- Display LCD
- Transformador de Corrente
- Fonte alimentação externa de 5 volts
- Protoboard

Apresentando um custo total de aproximadamente R\$ 120,00.

9.5 Economia entre os dois protótipos

Nos últimos anos foi possível presenciar um aumento contínuo no preço da energia elétrica o que leva a ser uma problemática preocupante quanto o consumo residencial, industrial e outros mercados de trabalho. (17)

Definir uma causa específica para este aumento contínuo nas contas de energia e corrigir de forma a melhorar e/ou solucionar é complicado, uma vez que são vários fatores que colaboram para eventuais cobranças dos consumidores, sendo alguns exemplos: (18)

- Reajustes anuais que levam em consideração o custo da energia em quilowatts-hora (kWh), transporte da energia do local de geração ao de distribuição e impostos e encargos.
- Bandeiras de luz que indicam os preços de energia para cada estágio da mesma.
- Valores que são repassados aos consumidores.

- Valores elevados das fontes alternativas de energia tem impacto no preço pago pelo consumo de energia elétrica.

Entretanto, é fato que a população paga mais caro pelo consumo da energia, então é preciso repensar em formas alternativas para reduzir o custo da mesma, uma delas, no caso da iluminação pública, comparar e demonstrar o consumo de um ponto de iluminação pública com lâmpada vapor de mercúrio ou até mesmo de sódio com a luminária de LED, que gera a mesma quantidade de lúmens com um menor consumo de energia.

Foi possível observar que a luminária de LED possui um gráfico de potência e corrente elétrica ao longo do seu período de trabalho mais baixos e constantes, demonstrando o consumo em watt instantâneo menor, contribuindo para diminuição do consumo final do município que adotar esta tecnologia.

Por outro lado, o conjunto da lâmpada vapor de mercúrio apresenta valor de gráfico de potência e corrente elétrica com valores de pico de corrente e conseqüentemente picos de potência, diminuindo gradativamente conforme o fluxo luminoso dela se eleva, até chegar a um ponto estável de luminosidade e ainda sim, com valores bem superior ao da luminária de LED, podendo ser comprovado neste estudo que a tecnologia LED realmente auxilia na economia da fatura de energia do cliente ou município.

Para haver demonstração do retorno financeiro foi realizado o estudo da economia dos dois pontos de iluminação pública, um com conjunto de luminária LED e outro com o conjunto de luminária lâmpada vapor de mercúrio, sendo utilizado para cálculo o valor do quilowatt-hora (kWh) da bandeira vermelha de patamar 2. Esta bandeira foi escolhida devido os meses de estudo serem setembro e outubro do ano de 2018 com obtenção dos valores no site da Cemig e realização dos cálculos através da planilha do Excel. O valor de horas utilizado para medição da potência diária corresponde ao total de onze horas e cinquenta e dois minutos conforme estipulado pela Cemig, que é a responsável pela arrecadação da taxa de iluminação pública do município. (19,20)

Figura 17: Demanda lâmpada vapor de mercúrio

Lâmpada Vapor Mercúrio Alta Pressão 125 W				
Potências do Conjunto (W)			Horas	
Lâmpada + Reator	Relé	Total (W)	Diárias	Total (W/dia)
125	1,2	126,2	11,866	1497,4892
Tempo considerado para consumo diário 11 horas e 52 minutos				

Foi estabelecido o consumo diário do conjunto da luminária com lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão.

Figura 18: Demanda luminária LED

Luminária LED 60 W				
Potência do Conjunto (W)				
LED	Relé	Total (W)	Horas Diárias	Total (W/dia)
60	1,2	61,2	11,866	726,1992
Tempo considerado para consumo diário 11 horas e 52 minutos				

Foi estabelecido o consumo diário do conjunto de luminária LED.

Figura 19: Economia Mensal do Sistema

Economia Mensal do Sistema						
Conjunto Vapor Mercúrio			Conjunto LED			Economia Mensal (KW)
W/dia	Mês (dias)	Total (W/mês)	W/dia	Mês (dias)	Total (W/mês)	
1497,4892	30	44924,676	726,1992	30	21785,976	23,1387

Realizamos o comparativo da economia entre os dois sistemas de iluminação, para obtenção do valor da potência economizada mensalmente através dos dados obtidos nas duas tabelas anteriores.

Figura 20: Tempo de retorno do investimento

Bandeira Utilizada	Potencia Economizada (KW)	Valor Mensal Economizado (R\$)	Investimento LED Valor Conjunto (R\$)	Pago Investimento (Meses)
Vermelha P2 R\$/kWh	23,1387	8,625413199	767	88,92327617
O investimento será pago em aproximadamente 89 meses, ou 7 anos e 5 meses				

Conforme utilizado os valores para cálculo do quilowatt-hora (kWh) da bandeira vermelha de patamar 2 juntamente da potência economizada mensal foi possível obter o valor economizado mensal em reais e calcular o tempo de retorno do investimento, sendo ele de aproximadamente sete anos e 5 meses.

9.6 Gerenciamento via RF (rádio frequência)

Para se implementar um sistema desse tipo, onde o gerenciamento é feito por RF, todo o sistema precisa de um módulo de comunicação onde, em um ponto, será instalado em uma central, uma unidade de monitoramento, que receba o sinal desses módulos instalados em cada poste, que envia sinais constantemente a essa central possibilitando assim o monitoramento de todo o funcionamento do sistema, enviando assim informações de qualquer anomalia que venha apresentar na rede de iluminação, custeando assim um valor mais alto para a instalação.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi analisar o consumo de dois conjuntos de luminárias com diferentes tecnologias de forma a proporcionar uma economia ao cliente, através de um estudo de viabilidade econômica e também o monitoramento de pontos escuros de forma a facilitar o deslocamento em menor tempo para correção de problemas.

Através do desenvolvimento de um protótipo de monitoramento para realizar este estudo e que atenda os dois pontos principais citados no parágrafo acima foi possível constatar a economia de um ponto de iluminação pública convencional composto por luminárias padronizadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) ao ser substituída por luminárias de LED, uma vez que possuem menor potência proporcionando uma economia no consumo de energia do município, o que beneficia a todos os habitantes do mesmo, tendo em mente que um menor valor de consumo de energia da iluminação pública é benéfico aos habitantes, havendo menor preço na tarifa paga na conta de luz e também a capacidade de pagar o investimento feito através da economia mensal de energia.

A tecnologia LED gera uma luminosidade equivalente e até mesmo superior as lâmpadas vapor de mercúrio de alta pressão e vapor de sódio de alta pressão com o benefício de fácil manutenção, uma vez que seu conjunto é composto de menos equipamento para seu funcionamento e também apresenta potência menor.

Foi possível monitorar a potência e corrente em tempo real dos protótipos para chegar a conclusão do benefício da troca de luminária, analisando que a lâmpada vapor de mercúrio apresenta valores de pico de corrente proporcionando picos de potência em seu momento inicial de trabalho até que seu fluxo luminoso seja estabilizado enquanto a luminária de LED possui valores constantes desde seu início de trabalho. Tal afirmativa foi comprovada através de gráficos gerados pela função Plotter Serial do Arduino e também visualização dos valores em tempo real através da outra função do mesmo chamado Monitor Serial.

O quesito de saber a necessidade de deslocamento da equipe de campo para manutenção do ponto escuro é solucionado através da análise da potência monitorada no ponto de estudo, sendo que quando ela atingir valores inferiores do necessário para funcionamento é emitida uma mensagem de alerta de “Ponto

Apagado” e enquanto estiver com valores normais de funcionamento é emitida uma mensagem de “Ponto Aceso”.

O estudo foi desenvolvido apenas um protótipo, que na prática, é necessária uma adaptação no tamanho do mesmo para obter uma fácil instalação e menor poluição visual nas ruas, evitando também atos de vandalismo que possam danificar o funcionamento do mesmo.

No mercado de trabalho várias empresas estão desenvolvendo protótipos semelhantes, porém, com tecnologias diferentes, mas todos com a mesma finalidade, que seria monitorar a qualidade de energia e estado dos pontos de iluminação pública.

REFERÊNCIAS

- 1 MELO, André Luiz (Ed.). **Historia da Iluminação Pública no Brasil**. 2018. Disponível em: (<https://www.estudokids.com.br/a-historia-da-iluminacao-publica-brasileira/>). Acesso em: 18 jun. 2018.
- 2 COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (Minas Gerais). **Projetos de Iluminação Pública**: ND 3.4. 2012. Disponível em: (<http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/documents/nd-3-4p.pdf>). Acesso em: 15 out. 2018.
- 3 AZUOS, Alessandro. **Cartilha de Iluminação Pública**. 2010. Disponível em: (<http://alessandroazuos.blogspot.com/2010/08/equipamentos-lampadas-de-vapor-metalico.html>). Acesso em: 27 out. 2018.
- 4 BARBOSA, Lucio dos Reis. **Lâmpada Vapor de Sódio Figura**. Disponível em: (https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Lampada-de-Vapor-de-Sodio-de-Alta-Pressao_fig2_283462344). Acesso em: 27 out. 2018.
- 5 PIZUTTI, Eusébio. **TÉCNICA – Conheça e conserte os reatores eletrônicos das fluorescentes**. 2013. Disponível em: (<https://dicasdozebio.com/2013/10/10/1358/>). Acesso em: 15 out. 2018.
- 6 RENATO F. LIMA. Boreal Led. **Lâmpada LED Equivale a Quanto?** 2018. Disponível em: (<http://blog.borealled.com.br/lampada-led-equivale-quanto-tabela-comparativa/>). Acesso em: 12 jun. 2018.
- 7 SIGNIFICADOS. **Significado de LED**. 2016. Disponível em: (<https://www.significados.com.br/led/>). Acesso em: 12 jun. 2018.
- 8 CONEX LED. Conex. **Linha Una | CLU-M60**. Disponível em: (<https://www.conexled.com.br/clu-m60/>). Acesso em: 15 out. 2018.
- 9 EMPALUX. **Catálogo de Luminárias**. Disponível em: (http://www.empalux.com.br/catalogo_empalux.pdf). Acesso em: 15 out. 2018.
- 10 ANEEL. **Iluminação Pública**. 2018. Disponível em: (http://www.aneel.gov.br/destaques-consumidor/-/asset_publisher/kM1X2uTBr6qH/content/iluminacao-publica/655804). Acesso em: 15 out. 2018.

11 MINAS GERAIS. Companhia Energética de Minas Gerais. Cemig. **ND-3.1: Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas.** 2014. Disponível em: (http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/nd3_1_000001p.pdf). Acesso em: 06 set. 2018.

12 CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **KIT REMOVÍVEL (REATOR, IGNITOR E CAPACITOR) PARA LÂMPADA A VAPOR DE SÓDIO ALTA PRESSÃO.** Disponível em: (<http://www.celesc.com.br/portal/images/arquivos/normas-tecnicas/iluminacao-publica/e3130054.pdf>). Acesso em: 15 out. 2018.

13 EXATRON (Rio Grande do Sul). **Tomada Giratória (360°) com Suporte Plástico.** Disponível em: (<http://www.exatron.com.br/files/uploads/products/MODELO-MANUAL-TGBROLP2.pdf>). Acesso em: 15 out. 2018.

14 DEMAPE. **Manual do Reator.** Disponível em: (http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17663/material/manual_reator.pdf). Acesso em: 15 out. 2018.

15 THOMSEN, Adilson. **Como fazer um medidor de energia elétrica com arduino.** 2015. Disponível em: (<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-energia-eletrica-com-arduino/>). Acesso em: 15 out. 2018.

16 RAUL GALHARDI (São Paulo). O Estadão. **Compare as vantagens das lâmpadas de LED.** 2014. Disponível em: (<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,compare-as-vantagens-das-lampadas-de-led,1577724>). Acesso em: 15 out. 2018.

17 ANEEL. **Aumento no valor da fatura.** 2017. Disponível em: (http://www.aneel.gov.br/como-resolver/-/asset_publisher/3SAW3SarixVj/?inheritRedirect=false). Acesso em: 15 out. 2018.

18 LUIZ ALBERTO WAGNER PINTO JR. Hcc Engenharia Elétrica. **6 fatores que causam aumento na conta de luz!** 2018. Disponível em: (<http://hccengenharia.com.br/6-fatores-que-causam-aumento-na-conta-de-luz/>). Acesso em: 15 out. 2018.

19 COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (Minas Gerais). Cemig. **Condições Iluminação Pública.** Disponível em: (<http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Condicoes-Iluminacao-Publica-.aspx>). Acesso em: 27 out. 2018.

20 COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (Minas Gerais). Cemig. **VALOR DE TARIFA E SERVIÇOS**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 27 out. 2018.

21 HTL INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO ELÉTRICA (São Paulo). **Tabela de equivalência entre lâmpada de led e lâmpadas convencionais**. Disponível em: (<http://www.htlbrasil.com/Arquitetura/PDF/tabela-de-equivalencia-de-iluminacao-e-economia-de-energia-eletrica.pdf>). Acesso em: 12 jun. 2018.

22 MINAS GERAIS. Companhia Energética de Minas Gerais. Cemig. **ND-2.2: Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Rurais**. 2016. Disponível em: (http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/nd_2_2.pdf). Acesso em: 06 set. 2018.

23 AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **COMUNICADO TÉCNICO 0: Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig - Adesão ao Sistema de Gera. CT 01 - 20 ed.** Belo Horizonte: ABNT, 2016. 19 p. Disponível em: (http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Documents/Comunicado%20T%C3%A9cnico%20N01-16-%20Gera%C3%A7%C3%A3o_Pr%C3%B3pria.pdf). Acesso em: 22 mar. 2018.

24 AGUERA, Roger Saraiva. **Cenário Brasileiro da Iluminação Pública**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com Ênfase em Sistema de Energia e Automação, Universidade de São Paulo-escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: (<https://pt.scribd.com/document/354276850/Aguera-Roger-Saraiva-tcc>). Acesso em: 20 mar. 2018.

25 ANTUNES, Lucas Eduardo Dorneles. **Iluminação Pública: Normatização de Vias e Eficiência Energética**. 2015. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Fundação Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015. Disponível em: (<http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/1520/1/Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20p%C3%BAblica%20-%20normatiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20vias%20e%20efici%C3%Aancia%20energ%C3%A9tica%20estudo%20de%20caso-loteamento%20Nilo%20Gon%C3%A7alves-Alegrete-RS.pdf>). Acesso em: 20 mar. 2018.

26 ASCURRA, Rodrigo Esteves. **Eficiência Elétrica em Iluminação Pública Utilizando Tecnologia Led** - estudos de casos. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013. Disponível em: (<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/46.pdf>). Acesso em: 22 mar. 2018.

27 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e Documentação Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 24 p. Disponível em: (<https://www.usjt.br/arq.urb/arquivos/abntnabr6023.pdf>). Acesso em: 29 set. 2002.

28 GHIOSSI, Nivaldo. **Geologia da Engenharia**. 3. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013. 111 p.