

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

**CIRCUITO DE PROTEÇÃO TÉRMICO DE REATORES ELETROMAGNÉTICOS DO  
CONJUNTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

**ELTON SANTOS SIMÕES**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2017**

**ELTON SANTOS SIMÕES**

**CIRCUITO DE PROTEÇÃO TÉRMICO DE REATORES ELETROMAGNÉTICOS DO  
CONJUNTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professor Orientador: Vinicius Murilo Lima.

**Caratinga/MG**

**2017**

**ELTON SANTOS SIMÕES**

**CIRCUITO DE PROTEÇÃO TÉRMICO DE REATORES ELETROMAGNÉTICOS DO  
CONJUNTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

**APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA  
EM CARATINGA,**

---

Prof. Joildo Fernandes Costa Junior (DOCTUM/MG)  
Coordenador do Curso

---

Prof. Vinicius Murilo Lima, Dr. (DOCTUM/MG)  
Orientador

---

Prof. (DOCTUM/MG)  
Examinador

*À Deus por todas as bênçãos recebidas e a minha família e a todos envolvidos  
fretamente e indiretamente agradeço de modo especial.*

## **AGRADECIMENTOS**

Meu muito obrigado à Deus por todas as bênçãos recebidas e a minha família de modo especial. E por todos aqueles que me ajudaram a chegar até este momento glorioso, pois estas pessoas me mudaram, e me ajudaram de uma forma que não conseguirei retribuir tudo que eles fizeram.

Agradeço de uma maneira muito especial ao Marcio, Diego, Genicio, Patricia, pela ajuda e amizade, peço a Deus que sempre continue iluminando seus caminhos.

A minha noiva Misdeise de Paula Freitas pela ajuda e motivação nos momentos difíceis. Aos professor Robson da Silva e Vinicius Murilo Lima pelo apoio e ajuda. De maneira geral a todos os meus amigos de turma, muito obrigado.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”*

(CHARLES CHAPLIN)

SIMÕES, Elton Santos. **Circuito de Proteção Térmico de Reatores Eletromagnéticos do Conjunto de Iluminação Pública.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## RESUMO

Neste estudo será abordado um tema identificado como um dos maiores problemas enfrentados pelas concessionárias de energia elétrica, no setor de iluminação pública, que se trata da queima dos reatores eletromagnéticos para as lâmpadas de descarga de alta pressão a vapor (metálico, sódio). O estudo trata-se de analisar a viabilidade da manutenção dos reatores e instalação de um circuito de proteção para a sua reutilização. Propõe que seja feita a substituição do componente defeituoso e que instale um circuito de proteção termica para os seus componentes internos e posteriormente sua reutilização, aumentando assim sua vida útil com a mesma confiabilidade, além de diminuir o custo com os conjuntos de iluminação pública e consequentemente a diminuição dos resíduos industriais gerados. Os reatores eletromagnéticos fazem parte do conjunto de iluminação pública. Na parte interna deste equipamento encontra-se o circuito eletrônico do ignitor e capacitor que são bem sensíveis a oscilações de temperatura, se danificando com bastante facilidade, acarretando uma série de problemas para o conjunto de iluminação pública. O processo de partida da lâmpada de vapor de alta pressão e o controle da corrente e tensão realizados pelo reator são fundamentais para a vida útil da lâmpada, no entanto, deve haver um perfeito funcionamento de todos os componentes para que não ocorra a queima precoce do reator. Com base neste estudo identificar as causas de queima precoce destes equipamentos e comprovar que a troca somente do componente defeituoso e a instalação do circuito de proteção (circuito eletrônico de monitoramento de temperatura), é economicamente viável, além de aumentar a vida útil do reator eletromagnético com boa confiabilidade.

**Palavras-chave:** Reator, Componentes, Circuito eletrônico de proteção, Queima, Substituição.

SIMÕES, Elton Santos. **Circuito de Proteção Térmico de Reatores Eletromagnéticos do Conjunto de Iluminação Pública.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **ABSTRACT**

This study will address a topic identified as one of the biggest problems faced by electricity concessionaires in the public lighting sector, which is the burning of electromagnetic reactors for high pressure steam (metal, sodium) discharge lamps. The aim of the study is to analyze the feasibility of reactor maintenance and the installation of a protection circuit for its reuse. It proposes replacing the defective component and installing a thermal protection circuit for its internal components and subsequently reusing it, thus increasing its life with the same reliability, as well as reducing the cost with the public lighting assemblies and consequently The reduction of industrial waste generated. The electromagnetic reactors are part of the public lighting cluster. On the inside of this equipment is the electronic circuit of the ignitor and capacitor that are very sensitive to temperature fluctuations, damaging quite easily, causing a series of problems for the public lighting assembly. The process of starting the high pressure steam lamp and the control of the current and voltage realized by the reactor are fundamental for the life of the lamp, however, there must be a perfect functioning of all the components so that the early burning of the lamp does not occur. reactor. Based on this study identify the causes of early burning of these equipments and prove that the exchange only of the defective component and the installation of the protection circuit (electronic circuit of temperature monitoring), is economically feasible, besides increasing the useful life of the electromagnetic reactor With good reliability.

**Key-words:** Reactor, Components, Electronic protection circuit, Burning, Replacement.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Reator eletrônico . . . . .	20
<b>Figura 2</b> – Invólucro do reator eletromagnético . . . . .	21
<b>Figura 3</b> – Posição do reator eletromagnético . . . . .	22
<b>Figura 4</b> – Imagem do ignitor . . . . .	24
<b>Figura 5</b> – Esquema de ligação do reator eletromagnético . . . . .	24
<b>Figura 6</b> – Esquema de ligação dos componentes do conjunto de iluminação pública .	25
<b>Figura 7</b> – Esquema do controlador de temperatura no programa Multisim. . . . .	28
<b>Figura 8</b> – Armazenamentos das sucatas de reatores da empresa Construede Eletricidade Ltda. . . . .	30
<b>Figura 9</b> – Reatores separados para testes . . . . .	30
<b>Figura 10</b> – Bancada para testes de reatores da empresa Construede Eletricidade Ltda. .	31
<b>Figura 11</b> – Esquema do controlador de temperatura . . . . .	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Materias Utilizados . . . . .	27
<b>Tabela 2</b> – Reatores Separados Para os Testes . . . . .	34
<b>Tabela 3</b> – Valores dos Componentes . . . . .	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Corrente Alternada
FP	Fator de Potência
s	Segundus
V	Volt
W	watt
h	Horas
$\Omega$	Ohm
F	Farads
$\eta$ F	nanofarad
$\mu$ F	microfarad
$\rho$ F	picofarad

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERÊNCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1 COMPONENTES ELETRÔNICOS	15
2.1.1 Resistor	15
2.1.2 Resistores Variáveis	15
2.1.3 Capacitores	16
2.1.4 Diodo	16
2.1.5 Transistor	16
2.1.6 Relé	17
2.1.7 Sensor LM35	17
2.2 LÂMPADAS UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA	17
2.2.1 Lâmpada vapor metálico	17
2.2.2 Lâmpada vapor de sódio	18
2.3 LUMINÁRIA DE LED	18
2.4 REATORES	19
2.4.1 Estutura dos Rator	19
2.4.2 Reator Eletrônico	19
2.4.3 Reator Eletromagnético	20
2.5 CLASSIFICAÇÃO DOS REATORES ELETROMAGNÉTICOS POR ESTUTURA	20
2.6 IGNITOR	23
2.7 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS REATORES ELETROMAGNÉTICOS	24
<b>3 PROBLEMÁTICA</b>	<b>26</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
4.1 Material Utilizado	27
4.2 Técnica de Seleção	29
4.3 Processo de Troca de Descartes dos Reatores	29
4.4 Procedimento de Manutenção e testes do Circuito de Proteção dos Reatores	30
<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>34</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>41</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A história da iluminação atual se deu no começo do século XVII quando Thomas Edison inventou a lâmpada incandescente. Através dos estudos sobre as atmosferas gasosas começaram a fabricar as lâmpadas de descargas, por volta da metade do século XIX.

Segundo Cavalcante (2010) "as lâmpadas de vapor de sódio fazem parte do grupo de lâmpada de descarga. Neste tipo a luz é produzida através da descarga de um gás no seu interior. A primeira lâmpada de descarga foi produzida em 1931 e foi uma lâmpada de vapor de mercúrio".

Após o início dos estudos no período do século XX dos efeitos de excitação eletrônica, gases, vapores e vibrações atômicas foi possível utilizar descargas elétricas em gases como início da construção das lâmpadas. As lâmpadas a vapor (metálico, sódio, mercúrio) estão sendo cada vez mais utilizadas na área de iluminação pública, pois estes tipos de lâmpadas requerem uma alta tensão para iniciar sua descarga e um reator é utilizado para controlar sua corrente e tensão depois do acendimento.

O equipamento, denominado reator, possui funções de fornecer um nível de tensão adequado para a ignição e limitar a corrente durante a operação da lâmpada, pois algumas possuem características de impedância tendendo a zero e seriam prejudicadas se não houvesse um limitador de corrente.

Existem alguns produtos no mercado, porém a proposta de manutenção dos reatores e instalação do circuito de proteção de seus componentes, tem o objetivo de alcançar maior vida útil para o conjunto de iluminação pública.

O estudo se dá através de testes realizados em reatores supostamente queimados, onde as avaliações realizadas nos componentes dos reatores, que apresentam maior incidência de defeito é o ignitor. O componente em questão tem maior fragilidade por não detectar possíveis problemas com a lâmpada, ou seja, com a lâmpada queimada ou quebrada, no caso fora do circuito, o ignitor vai tentar fazer com que ela ionize de maneira ininterrupta que vai provocar seu aquecimento vindo a se danificar.

Conforme, Cavalin & Servelin (2010) "o ignitor permanece em operação mesmo quando a lâmpada está fora do circuito ou quando estiver com defeito".

No início será citado um pouco de circuito eletrônico, de seus componentes que serão utilizados no circuito de proteção. Em seguida serão expostas as características e peculiaridades dos reatores eletromagnéticos. Serão mostrados os problemas que ocorrem com os componentes do reator.

De acordo com o referencial teórico, será feita a análise e discussão dos resultados onde aproxima das articulações para solucionar ou minimizar os problemas relatados, ou seja,

propor na manutenção do reator, fazer a instalação do circuito de proteção, evitando o descarte prematuro dos equipamentos do conjunto de iluminação pública (reator).

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 COMPONENTES ELETRÔNICOS

Segundo Malvino (1995), o circuito eletrônico é um tipo de circuito elétrico que utiliza certos tipos de componentes, como resistores, diodos, transístores, que diferem os circuitos elétricos dos eletrônicos, são suas peculiaridades pois no circuito eletrônico há interligações entre diversos componentes eletrônicos e enquanto o elétrico somente tem conexões entre componentes elétricos.

Segundo Souza (2014), a eletrônica é o campo da engenharia e das ciências que trata do processamento de sinais eletrônicos, que são formados sempre pela corrente elétrica que basicamente é o deslocamento de elétrons dentro de um meio condutor, onde os componentes eletrônicos são essenciais para o funcionamento correto do circuito . São responsáveis por definir os níveis de corrente e tensão elétricas para que o circuito possa atingir um determinado objetivo.

Segundo Malvino(1995), os componentes eletrônicos são denominados pelas suas respectivas características citadas abaixo resumidamente.

#### 2.1.1 Resistor

O resistor é um dispositivo elétrico muito utilizado na eletrônica para controlar a quantidade de corrente em um circuito oferecendo resistência da passagem de elétrons. A medida da resistência elétrica é o ohm ( $\Omega$ ), os resistores mais comuns são os compostos de carbono, que são mais usados nos aparelhos eletrônicos, como rádios, DVD's, televisão, com pequenas potências (1/8 a 7 W).(Fábio Souza, 2014)

#### 2.1.2 Resistores Variáveis

Os resistores podem ter sua resistência variável, e por isso são usados em ajustes ou controles. Existem dois tipos principais de resistores variáveis, que são os trimpots e os potenciômetros.

Os trimpots são usados para ajustar a resistência em um circuito de maneira semipermanente, ou seja, ajustes que não necessitem serem acertados a todo instante. Já os potenciômetros são usados como elemento de controle, que podem ser empregados no controle de volume, velocidade, etc.(Fábio Souza, 2014)

### 2.1.3 Capacitores

Os capacitores são capazes de armazenar cargas elétricas, utilizados como reservatórios de cargas nos circuitos de filtro, como “amortecedores”, evitando variações grandes no circuito, em acoplamentos e desacoplamentos de sinais no bloqueio da corrente contínua, e sua unidade de medida é dada em Farads (F).

Os tipos mais comuns de capacitores utilizados na eletrônica são:

- Capacitores Eletrolíticos: vêm com uma faixa lateral indicando o terminal negativo do capacitor, esta polaridade deve ser respeitada na hora de sua montagem, caso contrário o circuito não funcionará e dependendo da tensão de trabalho, o mesmo pode até estourar.
- Capacitor de Poliéster: Este tipo de capacitor, geralmente apresenta menor capacidade que os eletrolíticos, sendo da ordem de alguns nanofarads ( $nF$ ) até alguns microfarads ( $\mu F$ ).
- Capacitores Cerâmicos: Muito utilizado nas montagens eletrônicas, principalmente em circuitos osciladores e de RF, este tipo de capacitor geralmente apresenta menor capacidade que os de poliéster e eletrolíticos, sendo da ordem de alguns picofarads ( $pF$ ) até centenas de nanofarads ( $nF$ ), e também não possui polaridade. (Fábio Souza, 2014)

### 2.1.4 Diodo

Os diodos são dispositivos que conduzem a corrente elétrica em um único sentido. Por este motivo eles são utilizados cujo sua função por exemplo, em um circuito retificador é transformar corrente alternada em corrente contínua.

- Diodo Zener: Estes diodos podem conduzir correntes no sentido inverso. Para isto deve-se aplicar tensão igual ou maior que a indicada em seu corpo. Quando ele está conduzindo no sentido inverso, ele mantém tensões constantes em seus terminais.
- Diodo LED (Light Emitting Diode): LED (diodo emissor de luz) é um diodo especial feito de arseneto de gálio que acende quando polarizado no sentido direto. É usado nos circuitos como sinalizadores visuais. (Fábio Souza, 2014)

### 2.1.5 Transistor

O transistor, talvez seja o mais importante de todos os componentes eletrônicos. Ele pode amplificar sinais, possibilita o controle da passagem da corrente, funciona como uma chave eletrônica, ligando e desligando circuitos. (Fábio Souza, 2014)

### 2.1.6 Relé

Os relés são dispositivos comutadores eletromecânicos. Próximo de um eletroímã é instalada uma armadura móvel que tem por finalidade abrir ou fechar um jogo de contatos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica é criado um campo magnético que atua sobre a armadura, assim quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos no seu interior.(Fábio Souza, 2014)

### 2.1.7 Sensor LM35

O sensor LM35, possui um sinal de saída analógico e linear para a temperatura em que se encontra e tem como saída um sinal de 10 mV para cada grau Celsius. Além disso, ele não necessita de calibração externa, ou trimming. Juntamente à sua baixa impedância de saída e saída linear, contribui para uma leitura de temperatura fácil e sem ajustes, tornando assim os custos mais baixos.

Esse sensor possui uma precisão de 0,5°C quando está à temperatura ambiente e também trabalha em uma grande escala de temperatura que varia de -55 até 150°C. Sua alimentação é de 4 – 30 V e a corrente de passagem é inferior a 60 mA.

Cada componente expostos e organizados conforme o circuito pode chegar a um circuito eletrônico com função de proteção contra aumento excessivo da temperatura, possibilitando a retirada do componente que o mesmo esteja protegendo da rede de distribuição de energia, fazendo com que sua integridade seja preservada e reduzindo as perdas dos equipamentos de maneira inesperada.

## 2.2 LÂMPADAS UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Nesta seção serão abordadas as principais lâmpadas utilizadas em conjunto de iluminação pública de acordo com suas características específicas.

### 2.2.1 Lâmpada vapor metálico

De acordo com Moreira (1999), as lâmpadas são semelhantes às de vapor de mercúrio, nas quais introduzem, além de argônio e mercúrio, outros elementos, de forma que o arco elétrico se realize numa atmosfera, com gases e vapores variados.

### 2.2.2 Lâmpada vapor de sódio

De acordo com Cavalcante (2001), a lâmpada de vapor de sódio de alta pressão tem luz produzida através de uma descarga elétrica no vapor de sódio. O campo elétrico entre os eletrodos fornece aos elétrons se excitarem com os átomos de sódio que imitem predominantemente luz amarela, com algumas outras cores características do sódio.

### 2.3 LUMINÁRIA DE LED

Apesar do LED ser um componente muito comentado hoje em dia, sua invenção, por Nick Holonyac, aconteceu em 1963, somente na cor vermelha, com baixa intensidade luminosa ( 1 mcd ). Por muito tempo, o LED era utilizado somente para indicação de estado, em rádios, televisores e outros equipamentos, sinalizando se o aparelho estava ligado ou não.

A luz emitida pelos LEDs é fria 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, bem como redução da sua vida útil.

No Brasil, o uso ainda é tímido. Alguns órgãos públicos, como o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) de São Paulo têm instalado protótipos para avaliar suas vantagens e funcionamento em condições ambientais. Sem dúvida, as luminárias públicas a Led chegaram para ficar e trazem muitas vantagens técnicas em relação às luminárias tradicionais. 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 e/ou benefícios para a população.

As luminárias públicas LED proporcionam facilidade na manutenção e fornecem ótimo desempenho e versatilidade para aplicações em rodovias, avenidas, ruas e praças, proporcionando uma redução de 9% dos acidentes de trânsito no período noturno, com design moderno e arrojado com alta resistência mecânica, instalação simples e segura com excelente acabamento. Utiliza LED Lighting Class CREE® apropriados para iluminação profissional e de acordo com diretrizes da LM-80. Devido ao avançado sistema óptico, o conjunto de LED e lente proporciona alta uniformidade luminosa e excelente distribuição da luz, reduzindo o ofuscamento e aumentando os índices de iluminação. Poderá ser fornecida com base para relé FOTOELETRICO, dimerização 1-10 para o sistema de Telegestão.

## 2.4 REATORES

Os reatores são importantes porque as lâmpadas de alta pressão de vapor de sódio ou metálico, possuem no interior de seu tubo uma mistura de gases em alta pressão. A luz é gerada quando uma corrente elétrica ioniza os gases. O ignitor gera um pico de tensão gerando o ionizamento da lâmpada só a corrente não é suficiente para realizar este processo, uma vez em funcionamento o ignitor para de produzir estes pulsos e desliga automaticamente.

O reator limita a corrente que circula no tubo da lâmpada para que ela não venha a se danificar ou explodir por um excesso de temperatura de seus gases, pois nela não há nenhum tipo de resistência para controlar o fluxo de corrente, a lâmpada leva de 3 a 15 minutos para estar em pleno funcionamento nas condições normais de operação onde a tensão na lâmpada aumenta e sua corrente diminui até que ela esteja em condições normais de operação.

Segundo Moreira (1999, p.81), "As lâmpadas de vapor, assim como todas as demais lâmpadas de descargas elétricas, necessitam de um reator que limite a intensidade de corrente no tubo do arco e que forneça as tensões de ignição (juntamente com ignitor) da ordem de 2 a 5 KV".

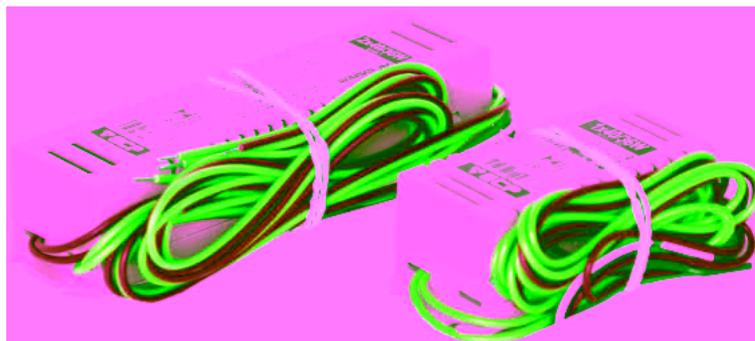
### 2.4.1 Estutura dos Rator

O reator é um equipamento auxiliar do conjunto de iluminação que trabalha em conjunto com as lâmpadas de descargas entre elas, lâmpada vapor de sódio ou metálico, com função de fornecer as características elétricas para um pleno funcionamento das mesmas. O reator pode ser: reator eletrônico ou eletromagnético.

### 2.4.2 Reator Eletrônico

Segundo Pereira (2003), os reatores eletrônicos são construídos de componentes semicondutores e possuem maior confiança, são mais leves, menores dimensões e são mais econômicos, mas tem um custo mais elevado e enfrentam problemas como ressonância acústica, que pode acarretar a destruição da lâmpada.

A figura 1 abaixo demonstra os reatores eletrônicos utilizados em iluminação:



**Figura 1:** Reator eletrônico

(FONTE: Catálogo SERWAL Reatores e Ignitores, 2016)

### 2.4.3 Reator Eletromagnético

O reator eletromagnético é um dos equipamentos importantes do conjunto de iluminação pública, pois sem o reator o conjunto estaria desprotegido gerando uma série de problemas como: altas variações de tensão, bruscas alterações na corrente e baixo fator de potência (FP).

São muito utilizados em indústrias de todos os segmentos de iluminação, pois possuem uma construção simples e custo relativamente baixo. A utilização no sistema elétrico de potência é muito vasta, visto que, em cada lâmpada em sua ligação requer um reator, com todas concessionárias de iluminação pública do país trabalhando este produto.

O reator produz uma indutância quando ligado em série a lâmpada, apresentando baixo fator de potência (mais ou menos 0.5, atrasado). O fator de potência sobe para 0.85 ou pode ser conseguido conectando um capacitor em paralelo na ligação em corrente alternada (CA).

## 2.5 CLASSIFICAÇÃO DOS REATORES ELETROMAGNÉTICOS POR ESTUTURA

Os reatores eletromagnéticos têm sua construção bem simples, robustos, baratos e boa confiabilidade.

A figura 2 a seguir demonstra o invólucro (ou sua carcaça), onde os seus componentes como capacitor, ignitor e indutor são abrigados.



**Figura 2:** Invólucro do reator eletromagnético

(FONTE: Catálogo SERWAL Reatores e Ignitores, 2016)

Os reatores são classificados de forma diferente dependendo de seu fabricante. Podendo ser classificados em baixo FP e alto FP.

I) Reator eletromagnético a baixo fator de potência: O reator eletromagnético consiste basicamente em um núcleo de lâmpadas de aço especial, colocadas e soldadas, associado a uma bobina de fio de cobre esmaltado. O conjunto é montado no interior de uma caixa metálica, denominada carcaça, construída em chapa de aço. Os espaços vazios no interior da carcaça são preenchidos com massa de poliéster. Os reatores para lâmpadas fluorescentes são fornecidos para ligação de uma única lâmpada, reatores simples, ou para ligação de duas lâmpadas, reatores duplos.

II) Reator eletromagnético a alto fator de potência São dotados de um núcleo de ferro e um enrolamento de cobre, além de um capacitor ligado em paralelo que permite elevar o fator de potência conforme informação anterior. (Mamede Filho, 2010, p.41)

Outra classificação dos reatores eletromagnéticos se dá no tipo de lâmpada utilizada na iluminação, podendo ser de lâmpadas de descargas de baixa ou alta pressão. Dentre as lâmpadas de baixa pressão podemos citar as fluorescentes. As lâmpadas de descarga de alta pressão são de vapor metálico, mercúrio e sódio.

Os reatores eletromagnéticos podem ser:

Para lâmpadas de baixa pressão: lâmpadas fluorescentes (circuitos convencionais e circuitos partida rápida);

Reatores para circuitos convencionais: os componentes para circuitos convencionais são: reator, “starter”, receptáculo para o “starter”, lâmpada e receptáculo ou soquete para lâmpada.

Reatores para circuito de partida rápida: possuem enrolamentos separados para aquecerem os eletrodos da lâmpada continuamente.

Para lâmpadas de alta pressão: lâmpadas a vapor de mercúrio, sódio, metálico. (Cavalin & Cervelin, 2010, p.102)

Os reatores são equipamentos feitos para o controle de corrente em lâmpadas de alta pressão, eles são constituídos de um núcleo de ferro, enrolamento de cobre, capacitor e ignitor (“starter”). Os reatores são responsáveis por proporcionar a partida das lâmpadas de descargas de alta pressão, controlar o fluxo de corrente e tensão no circuito. Devem suportar os impulsos ou picos de tensão e devem ficar no máximo 14 metros (m) de distância da lâmpada, mas o ideal é que fique a uma distância de 3 m para evitar variações de tensão para não atrapalhar o funcionamento normal da lâmpada.

A figura 3 demonstra a posição do reator eletromagnético próximo à luminária de iluminação pública.



**Figura 3:** Posição do reator eletromagnético

(FONTE: Autor, 2016)

O reator é um circuito magnético fechado feito com material ferromagnético e material laminado que são isolados entre si, com isso se assemelha com um transformador com finalidade de eliminar correntes parasitas, minimizando assim as perdas. O enrolamento envolto do núcleo de ferro é responsável por gerar indução magnética no núcleo. O capacitor ligado em paralelo formando um único dispositivo, com função de melhorar o funcionamento da rede, eliminando centelhas provenientes do ignitor e também melhorando o fator de potência. O ignitor ou “starter” é utilizado em lâmpadas de vapor de sódio que tem como principal função de dá a partida da lâmpada e atua gerando séries de pulsações de tensão elevada da ordem de 1 a 15 Kv, a fim de iniciar o acendimento (descarga) da lâmpada. Após o acendimento o ignitor automaticamente deixa de emitir pulsos de tensões. Por fim todos os equipamentos formam o

reator eletromagnético.

Conforme Cavalin & Cervelin (2010, p.107) "durante a ignição, o ignitor para lâmpada a vapor de sódio fornece um alto pico de tensão aos eletrodos, que é sobreposto à tensão da rede." Segundo Cavalin & Cervelin (2010, p. 102) "O reator deve proporcionar uma boa estabilização à corrente da lâmpada, um fator de potência elevado, aumentando a economia do sistema, reduzindo as harmônicas, com características de alta impedância para audiofrequência, reduzindo a radiofrequência geradas pelas lâmpadas, dando condições ideais de ignição para a lâmpada, com pequenas dimensões, vida longa, ruídos e perdas com níveis baixos. ”

## 2.6 IGNITOR

O Ignitor tem como finalidade criar um arco voltaico entre os elementos para dar a partida nas lâmpadas de alta pressão (vapor de sódio, metálico). Sua ignição ocorre através do fechamento do sistema que possui no seu interior, quando se abre seus contatos gera pulsos ou picos de tensão que gera a ionização do gás presente dentro do bulbo (interior da lâmpada) fazendo assim o seu acendimento.

O “starter” baseia-se no princípio do bimetal, isto é, um contato que no início do funcionamento está fechado, mas que, com o aquecimento da lâmina, abre circuito, produzindo a sobretensão necessária a partir da lâmpada. (Hélio Creder, 2004, p.93)

Os ignitores são utilizados em sistemas elétricos de frequência 50 e 60 Hz e deve-se obedecer ao esquema de ligação que está descrito no mesmo e devem ser instalados dentro do invólucro para evitar de quaisquer condições climáticas.

Conforme Cavalin & Carvelin (2010), toda a instalação de ignitor no sistema deve-se seguir os esquemas nos próprios ignitores.

- Os ignitores são próprios para rede elétrica de 50 ou 60 Hz.
- Os equipamentos auxiliares para lâmpadas a vapor de sódio podem ficar, no máximo, a 14m da lâmpada.
- Os ignitores devem ser instalados abrigados das intempéries.
- Durante a ignição, o ignitor para lâmpada a vapor de sódio fornece um alto pico de tensão aos eletrodos da lâmpada, que é sobreposto à tensão da rede. Por isso os disjuntores ou fusíveis de proteção do circuito devem ser do tipo retardado, e que suportem a sobrecorrente da lâmpada, o ignitor é desligado automaticamente.

Atenção: O ignitor permanece em operação, mesmo com a lâmpada fora do circuito ou quando a lâmpada estiver com defeito.

(Cavalin & Cervelin, 2010, p.107)

A figura 4 mostra a imagem do ignitor, onde ele fica posicionado dentro do invólucro do reator, abrigado do tempo (condições climáticas), pois seus circuitos eletrônicos têm componentes sensíveis à temperatura elevada (97 °C no máximo).

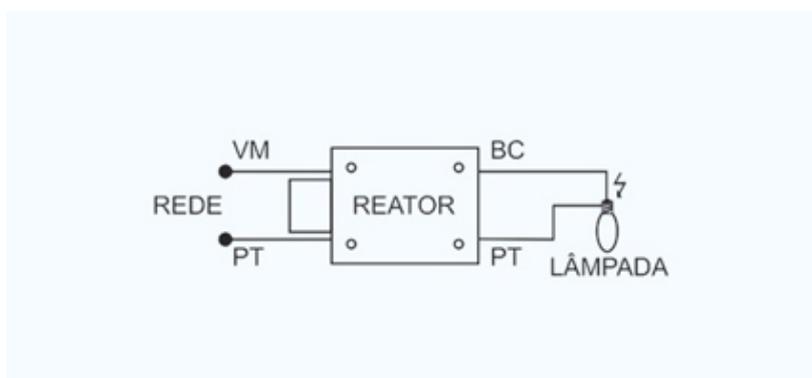


**Figura 4:** Imagem do ignitor

(FONTE: Catálogo SERWAL Reatores e Ignitores, 2016)

## 2.7 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS REATORES ELETROMAGNÉTICOS

O método utilizado pelas concessionárias de energia para a ligação do conjunto de iluminação está demonstrado na figura 5. Este é o recomendado pelos fabricantes que vem impresso no próprio reator.



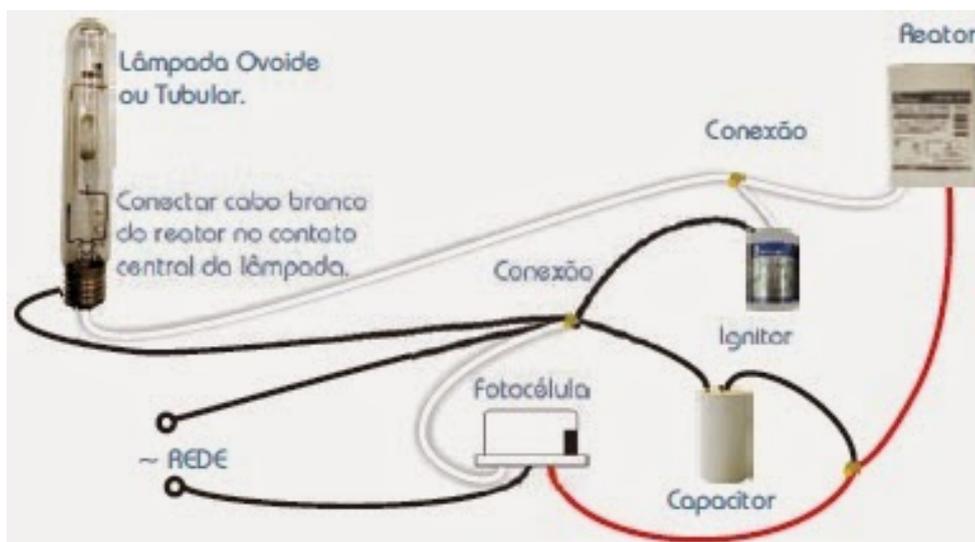
**Figura 5:** Esquema de ligação do reator eletromagnético

(FONTE: Catálogo SERWAL Reatores e Ignitores, 2016)

Como podemos observar no catálogo, o sistema pode operar com tensões 220 V, com as condições fornecidas pelo sistema elétrico de potência (SEP).

Segundo Moreira (1999, p. 176), relé fotoelétrico é um equipamento comandado por uma fotocélula sensível à luz. Tem a finalidade de acionar um contato todas as vezes que houver uma variação na iluminação superior àquela para qual o fio foi calibrado.

A figura 6 demonstra como é realizada a ligação dos componentes internos do reator com a lâmpada de alta pressão e do relé fotoelétrico.



**Figura 6:** Esquema de ligação dos componentes do conjunto de iluminação pública  
(FONTE: Catálogo SERWAL Reatores e Ignitores, 2016)

A figura acima mostra como o reator está ligado ao SEP, inicialmente a conexão com a rede é feita através de dois fios condutores onde é entrada de energia, logo após se conecta com o relé fotoelétrico (fotocélula) em série, em seguida faz conexão com o capacitor em paralelo melhorando as condições da rede corrigindo o fator de potência, o reator faz conexão em série para atender ao ignitor a lâmpada, que está ligado em paralelo com o capacitor para manter o nível de tensão estáveis e o fator de potência.

### 3 PROBLEMÁTICA

O problema mais comum, mediante a pesquisa realizada neste estudo, se depara com os componentes do reator eletromagnético mais especificamente o ignitor e capacitor. Onde, o ignitor é o que mais apresenta problemas. Responsável por começar o funcionamento da lâmpada, exercendo esta função com um problema na rede, exemplo de uma lâmpada quebrada, mal encaixada ou seu filamento rompido ele não identifica o ocorrido, começa a dar partida na lâmpada repetidamente com intervalos de 1 minuto entre suas tentativas.

Esta reignição é importante para o funcionamento normal da lâmpada, pois quando ela permanece um bom tempo desligada a pressão do vapor de sódio ou metálico no seu interior tende a diminuir, com isso o ignitor inicia o processo de injetar tensão para a pressão no interior do bulbo chegar ao ponto ideal para se acender.

Isso faz com que neste processo sua temperatura se eleve e conseqüentemente venha a se danificar, fazendo assim com que seu descarte ocorra de maneira mais precoce, aumentando o resíduo industrial, gerando maior gastos com iluminação pública. No cenário atual brasileiro segundo o levantamento cadastral realizado pelo PROCEL/ELETROBRAS, junto às distribuidoras de energia elétrica, em 2008 havia 15 milhões de pontos de iluminação pública instalados no país, aproximadamente, distribuídos da seguinte forma, 62,93 % vapor de sódio, 31,84 % vapor mercúrio, 2,22 % mistas.

## 4 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é expor e demonstrar os meios e métodos desenvolvidos para a coleta de dados necessários ao estudo. Detalhando neste, os testes realizados dando ênfase aos reatores que permitiram verificar e analisar a probabilidade de defeitos que ocorrem nos mesmos.

O estudo é exploratório qualitativo, quantitativo sobre o procedimento de criação de um circuito eletrônico térmico de seccionamento de circuito de ligação dos reatores do conjunto de iluminação pública com o intuito de aumentar a vida útil, reduzindo os gastos com iluminação pública e diminuir a quantidade de resíduos descartados.

Na elaboração deste trabalho, realizado em campo na cidade de Caratinga-MG, com o auxílio da empresa Construtora de Eletricidade Ltda. e da utilização do laboratório da Instituição de Ensino Instituto Tecnológico de Caratinga (ITC).

O estudo consiste nos reatores eletromagnéticos supostamente queimados, que foram selecionados de acordo com o seu estado de conservação. Reatores com o indutor queimado e em péssimo estado de conservação (com sua carcaça danificada e fios queimados) foram sendo descartados, contudo foram coletados 20 reatores eletromagnéticos utilizados na iluminação pública com potências variadas para efetuar os testes.

### 4.1 MATERIAL UTILIZADO

Serão listados alguns dos materiais utilizados para a realização dos testes:

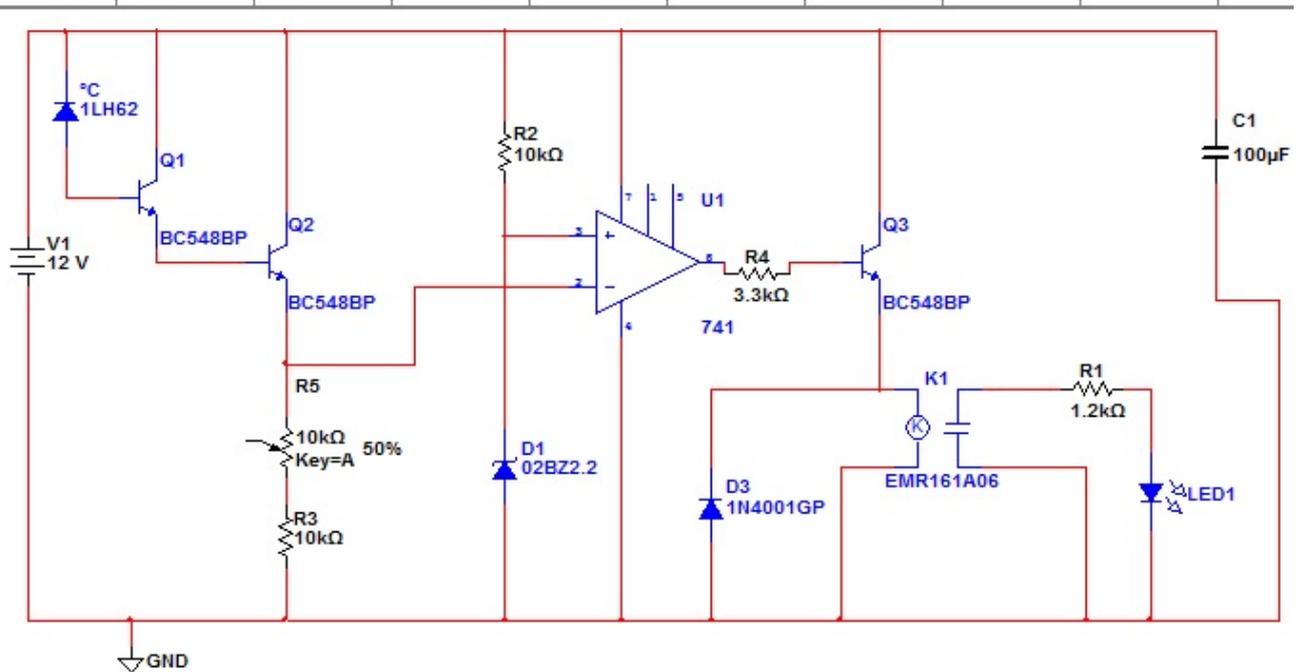
**Tabela 1:** Materias Utilizados

Materiais	
EPI	Bancada de Teste
Capacitor	Ferro de Solda
Transistor (BC548)	Circuito Integrado (LM741)
Diodos (Zener 5V6, 0,4W; Sensor; LED)	Sensor LM35
Ignitador	Resistor (1,2K $\Omega$ , 3,3K $\Omega$ , 10K $\Omega$ )
Alicate Universal	Arame de Solda
Chave de Fenda	Fita Isolante
Condensador (25V, 100 $\mu$ F)	Potenciômetro (10K $\Omega$ )
PCI	Notebook
Relé (12V, 40 $\mu$ A)	Arduino

**Fonte:** Autor, 2017

No circuito abaixo montado com o auxílio do programa Multisim para demonstrar a localização de cada componente pré-selecionado, podendo realizar simulações do comportamento

de cada componente de acordo com as variações predeterminadas, conseguindo fazer os ajustes do circuito para fazer a aquisição dos componentes e da placa de circuito impresso (PCI), determinando as posições de cada componente e os trilhos do circuito que serão realizados posteriormente na PCI.



**Figura 7:** Esquema do controlador de temperatura no programa Multisim.

(FONTE: Autor, 2017)

Legenda:

- LM35 ( °C 1LH62)
- Transistor (Q1; Q2; Q3)
- Resistor (R1; R2; R3; R4)
- Potenciômetro (R5)
- Relé (K1)
- Circuito Integrado (U1)
- Diodos (C1; D3)
- Led
- Capacitor(C1)

O circuito funciona da seguinte forma: o sensor de temperatura LM35(°C), gera um pulso de corrente e tensão que é transmitido para o transistor(Q), que amplifica o sinal logo após passar por um resistor(R) que limitará a corrente do sinal para evitar um possível mau funcionamento dos demais componentes, em seguida chega ao circuito integrado(U) que receberá estas informações e transmitirá este sinal novamente passando por outro transistor e resistor, passando estas informações para o relé(K) que fará a comutação de abertura da alimentação do reator, assim o desligando de sua alimentação, posteriormente o fechamento do circuito consiste em passando nos componentes, no LED para indicara no momento quando o circuito de proteção estiver atuando pele diodo zener(D) que permitira apos o seu ponto de saturação permite a passagem de energia somente paara um unico sentido, finalizando com um capacitor(C) para corrigir a defazagem da tensão que possa ocorrer durante a coleta de informações dos demais componentes eletronicos e não prejudicando o funcionamento normal do reator eletromagnético.

#### 4.2 TÉCNICA DE SELEÇÃO

Os reatores foram selecionados de acordo com o seu estado de conservação e separados por potência. Após sua separação foram realizados testes para ver quais componentes foram danificados, como testes de continuidade de carga nos componentes, posteriormente auternado seu capacitor e ignitor por novos verificando a ionização da lâmpada facilitando a detecção do componente defeituoso.

#### 4.3 PROCESSO DE TROCA DE DESCARTES DOS REATORES

Ao perceber que houve um problema com o conjunto de iluminação pública, a concessionária local gera uma ordem de serviço para a sua equipe ou para a contratada. Com o serviço em mãos, a mesma se desloca ao local para fazer uma averiguação de qual o possível problema e quando ele indica que está no reator, o mesmo é substituído por um novo, a equipe não ciente que o problema pode ser em um componente do reator, pois o mesmo ocorre com frequência, ele é descartado precocemente e de maneira equivocada assim gerando um acúmulo de resíduo industrial.

A figura 8 demonstra os resíduos gerados na troca dos componentes do conjunto de iluminação pública, com os reatores já devidamente separados dos demais equipamentos.



**Figura 8:** Armazenamentos das sucatas de reatores da empresa Construrede Eletricidade Ltda.  
(FONTE: Autor, 2017)

#### 4.4 PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO E TESTES DO CIRCUITO DE PROTEÇÃO DOS REATORES

Foram selecionados 20 reatores com potências variadas supostamente danificados do conjunto de iluminação pública de várias cidades próximas de Caratinga, como Inhapim, Piedade de Caratinga, Imbé de Minas e Vargem Alegre. Nesta amostragem foram evidenciados alguns equipamentos, sendo em sua maioria com o ignitor queimado com evidência de sobreaquecimento, também com o capacitor queimado com as mesmas características de sobreaquecimento do mesmo, foram verificados que nesta amostragem foi identificados reatores sem defeitos.



**Figura 9:** Reatores separados para testes  
(FONTE: Autor, 2017)

Tendo visto o problema a solução será aplicada de imediato com a substituição de apenas o componente defeituoso reduzindo a aquisição de reatores novos, juntamente com a instalação do circuito de proteção termico.

O estudo consiste em separar os reatores retirados do conjunto de iluminação pública por sua respectiva potência (70 W, 80 W, 100 W, 150 W, 250 W, 400 W) e por seu estado de conservação e dentre eles são selecionados os que atendem os pré-requisitos e encaminhados para a realização dos testes.

A figura 10 demonstra a bancada onde são realizados os testes dos componentes do reator juntamente com o circuito de proteção do ignitor e capacitor.



**Figura 10:** Bancada para testes de reatores da empresa Construede Eletricidade Ltda.

(FONTE: Autor, 2017)

Como podemos verificar, os reatores estão em pleno funcionamento, assim foi possível fazer a ligação do circuito de proteção dos componentes (ignitor e capacitor), para verificar que quando houver um problema no conjunto de iluminação pública, o circuito desligará o reator do circuito preservando sua integridade física.

O sistema consiste em incorporar o circuito eletrônico ao reator para que ele possa fazer as leituras térmicas dos seus componentes, respeitando os parâmetros de trabalho do reator para que o circuito não atue de maneira equivocada, possibilitando maior vida útil e reutilização do mesmo.

O circuito térmico foi construído para proteção do ignitor e capacitor, que apresentam a maior fragilidade a variações de temperatura, com isso vindo a se danificar e posteriormente gerando resíduo industrial precocemente. O circuito consiste em uma série de componentes eletrônicos que irão monitorar a variação de temperatura dos componentes do reator (ignitor



indutor e não foi possível realizar a leitura eficiente da temperatura o objeto de desejo, porém interferência do meio afetou parcialmente o funcionamento do circuito.

No terceiro momento alocamos novamente o LM35 dentro da carcaça do reator, limitando sua distância, colocando o mais perto possível dos componentes de desejo no caso ignitor e capacitor, onde foi obtido de maneira mais eficiente as variações de temperatura dos componentes. Com isso podendo fazer os últimos ajustes no circuito, para aperfeiçoar o seu funcionamento.

Concluimos neste processo que é possível se adequar uma sobretampa para a fixação do circuito de proteção onde somente o LM35 ficará dentro do reator fazendo o monitoramento da temperatura do ignitor e capacitor. Após a fixação do circuito de proteção na tampa do invólucro do reator conecta-se a ela uma sobretampa para fazer com que o circuito fique abrigado de empecilhos e intempéries.

O circuito foi construído para a retirada do reator da rede para preservar a integridade dos seus componentes chegarem em uma temperatura igual ou superior a 97 °C, neste ponto é onde ocorre a maioria dos problemas dos reatores, pois seus componentes são sensíveis a variações de temperatura.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo deste capítulo é detalhar os resultados obtidos com os testes. Tendo em vista a demonstração da viabilidade da alteração do processo. A primeira tabela demonstra a quantidade dos reatores utilizados nos testes para exemplificar os benefícios gerados. Na segunda tabela encontram-se detalhados dos valores custeados para a realização dos experimentos, como preços dos componentes como resistor, capacitor, LM35 e mão de obra.

**Tabela 2:** Reatores Separados Para os Testes

REATORES SEPARADOS PARA OS TESTES				
REATORES	DEFEITO NO IGNITOR	DEFEITO NO CAPACITOR	DEFEITO NO INDUTOR	BOM ESTADO
70 W-VS	5	0	1	0
80 W-VS	4	0	0	1
100 W-VS	2	0	0	0
125 W-VS	1	0	0	0
150 W-VS	0	2	0	1
250 W-VS	0	1	0	0
400 W-VS	0	1	1	0
TOTAIS	12	4	2	2

**Fonte:** Autor, 2017

Na tabela acima foi demonstrado como foram realizados os testes em cada reator, demonstrando os componentes defeituosos. Como podemos observar, dos 20 reatores selecionados, 12 destes equipamentos apresentaram problemas no ignitor, e quatro com problemas no capacitor, dois no indutor, e podemos observar que dois destes lotes de reatores separados não havia problemas. Podemos observar que houve maior incidência de defeitos com os reatores de lâmpadas de 70 W, por serem as mais utilizadas.

Após a manutenção dos reatores e a troca somente dos componentes danificados e a instalação do circuito de proteção, com o levantamento do custo desta implementação destes circuitos está relacionado na tabela abaixo.

**Tabela 3:** Valores dos Componentes

COMPONENTES	VALOR
IGNITOR	R\$ 10,00
CAPACITOR DO CIRCUITO	R \$ 0,15
CAPACITOR DO REATOR	R \$12,00
LM35	R\$ 5,00
RELÉ	R\$ 6,00
DIODO ZENER	R\$ 0,10
DIODO LED	R\$ 0,50
POTENCIÔMETRO	R\$ 3,00
CIRCUITO INTEGRADO	R\$ 1,16
RESISTORES	R\$ 0,40
TRANSISTORES	R\$ 0,15
PCI	R\$ 3,00
VALOR TOTAL DO IGNITOR	120,00
VALOR DO CIRCUITO DE PROTEÇÃO	18,86
VALOR MÉDIO DOS REATORES	R \$ 41,20
VALOR TOTAL DOS REATORES NOVOS	R \$ 824,00
ECONOMIA LÍQUIDA	R \$ 306,80
ECONOMIA LÍQUIDA POR REATOR	R \$15,34

**Fonte:** Autor, 2017

A tabela 2 demonstra que a economia é de valor baixo, cerca de 37,23 % da aquisição de reatores novos. Com uma diferença, estes equipamentos que voltam para a rede estão com um circuito de proteção de seus componentes internos, levando em conta que haverá uma redução da queima precoce, reduzindo o acúmulo de resíduos industriais gerados.

## 6 CONCLUSÃO

Este estudo proporcionou uma alternativa para as empresas que trabalham na distribuição de energia elétrica, com setor de iluminação pública, que indiretamente traduz em melhorias para o reator eletromagnético do conjunto de iluminação pública.

O estudo propõe a modificação da metodologia que as empresas empregam na troca de reatores eletromagnéticos, pois nas práticas apresentadas, notou-se uma forma de realizar manutenção no reatores, ao invés de simplesmente descartá-los precocemente, propõe-se a troca somente dos componentes defeituosos e a instalação de um circuito de proteção térmico que trabalha em conjunto com o reator, atuando contra o superaquecimento dos componentes internos do reator, preservando sua integridade.

Com base nestes parâmetros pode-se notar que este método se justifica pela redução de resíduos industriais, também financeiramente, sendo que em cada poste com o conjunto de iluminação pública instalado, possibilitando a reutilização, reduzindo os gastos com iluminação pública e também os impactos ambientais gerados.

Concluindo que nesta metodologia adotada, os benefícios gerados serão para ambas as partes, reduzindo os resíduos industriais e melhorando o conjunto de iluminação pública, trazendo consigo maior conforto para a sociedade, aumentando o lazer no período noturno, embelezando praças, monumentos e prédios.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SOUSA, Alessandro Araujo & MARTINS, Hugo Moreira. Substituição de Componentes Defeituosos do Reatores Eletromagnéticos. Monografia de Graduação em Engenharia Elétrica de Caratinga, Minas Gerais:2013.
- CAPELLI, Alexande. Energia Elétrica para Sistema Automático da Produção. 2ª edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2010.
- CARVALIN G. & CERVELIN S. Instalação Elétrica Prediais. Luminotécnica. 20ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2010.
- CAVALCANTE, Fabiana da Silva. Reatores Eletrônica para Lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão 70 W. 131 f. Tese grau de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2001 – Disponível em:  
[http://inep-gw.inep.usfsc.br/files/dissert/%28d152%29Dissertcao\\_Fabiana%20Cavalcante.pdf](http://inep-gw.inep.usfsc.br/files/dissert/%28d152%29Dissertcao_Fabiana%20Cavalcante.pdf)- Acesso em: 09/10/2016.
- CELG – Companhia Energética de Goiás. Norma Técnica Celg; Reator para Lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão. Disponível em:  
<http://www.celg.com.br/arquivos/dadosTecnicos/normasTecnicas/NTC51.pdf>- Acesso em: 05/10/2016.
- CEMIG- Companhia Energética de Minas Gerais. Projetos de Iluminação Pública. Disponível em:  
<http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documentos/ND-3-4p.pdf>- Acesso em: 09/10/2016.
- Pereira, Eduardo Inácio. Reator eletrônico com estágio de correção do fator de potência integrado com o inversor ressonante. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/85114> - Acesso em:09/10/2016.
- CREDER H. Instalação Elétricas. Rio de Janeiro: Editora LTC.2007.
- CREDER H. Manual do Instalado Eletricista. Técnicas de Iluminação. Rio de Janeiro: Editora LTC.2004.
- ELETOBRAS. Iluminação Pública. Disponível em :  
<http://www.eletobras.com/elb/main.asp?TeamID=EB94AEA0-B206-43DE-8FBE6D70FC44E57>  
- Acesso em: 15/10/2016.
- WGR Ignitor – Iluminação Comercial, Industrial e pública – Disponível em:  
<http://www.wgr.com.br/componentes-iluminacao/ignitors.html>- Acesso em: 25/10/2016.
- Induspar - Iluminação Elétrica e ventiladores - Disponível em:  
[http://www.induspar.com/loja/produto-101201-2072reator\\_400w\\_vapor\\_metalico\\_uso\\_interno\\_220v\\_acende\\_lampada\\_padrao\\_philips\\_e\\_osram](http://www.induspar.com/loja/produto-101201-2072reator_400w_vapor_metalico_uso_interno_220v_acende_lampada_padrao_philips_e_osram) - Acesso em: 30/10/2016.

- KEINKO – Fábrica de Reatores e Luminária para o Segmento de Iluminação – Disponível em: <http://www.keiko.com.br/produtos.html> – Acesso em: 05/11/2016.
- Liteman Lighting Specialist – Especialista em Iluminação – Catálogo Virtual Linha de Produtos 2016 – Disponível em: <http://www.mromrcas.com.br/catalogo/> - Acesso em: 05/11/2016.
- MANEDE FILHO J. Instalações Elétrica Industriais. Iluminação Industrial. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2010.
- MOREIRA, Vinícius de Araújo. Iluminação Elétrica. 1ª edição. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1999.
- ROSITO, Luciano Haas. Componentes para Iluminação Pública – Parte II. Disponível em: [http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed39\\_fasciculo\\_desenvolvimento\\_da\\_iluminacao\\_publica\\_no\\_brasil.pdf](http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed39_fasciculo_desenvolvimento_da_iluminacao_publica_no_brasil.pdf) - Acesso em: 25/11/2016.
- SÁ, Helbert Ribeiro de. Estudo, Projeto e Desenvolvimento de um Reator Eletrônico, Pela Técnica de Injeção de Corrente Harmônicas, Para Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70 W. 144 f. Teste de Grau de Mestre em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009 – Disponível em: [http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8D2KY9/helbert\\_ribeiro\\_de\\_s.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8D2KY9/helbert_ribeiro_de_s.pdf?sequence=1) – Acesso em: 27/11/2016.
- Rosito, Luciano Haas - Tecnologia LED e inovações em Iluminação pública. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/docs/Tecnologia-LED-e-Inovacoes-em-Iluminacao-Publica.pdf>
- Laboratório de Iluminação. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>
- OSRAM. Disponível em: [http://www.osram.com.br/osram\\_br/noticias-e-conhecimento/pagina-de-led/modulos-e-light-engines-led/modulos-led-para-iluminacao-publica-e-de-exterior/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/noticias-e-conhecimento/pagina-de-led/modulos-e-light-engines-led/modulos-led-para-iluminacao-publica-e-de-exterior/index.jsp)
- JL Iluminação. Disponível em: <http://www.lojajl.com/produto/329/240287/luminaria-publica-led-cree-exl1006300-300w-28792lm-alto-desempenho-e-eficiencia-equivalente600w.aspx>

**ANEXO A****CONSTRUREDE ELETRICIDADE LTDA.**

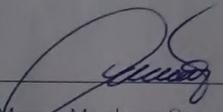
Caratinga MG, 15 de junho de 2016

## OFICIO DE SOLICITAÇÃO

Ilustríssimo Sr. Moacyr Mendonça Costa Júnior  
Gerente e Engenheiro Eletricista CREA: 61403/D

Solicitamos a esta conceituada instituição autorização para citar informações que venham a contribuir para uma pesquisa de cunho científico (monografia), com o título "Estudo de Caso do Aterramento Temporário" que será desenvolvida pelo Sr. Elton Santos Simões, brasileiro, solteiro, estudante, inscrito no CPF 109845906-76, residente na rua Dep. Dênio Moreira de Carvalho, 581, Caratinga/MG.

Os dados necessários a pesquisa supracitada referem-se a serviços de construção e manutenção prestados à Companhia Energética de Minas Gerais – CLMIG, perante o contrato nº 4680004182 com vigência entre 09/02/2011 a 08/02/2017.

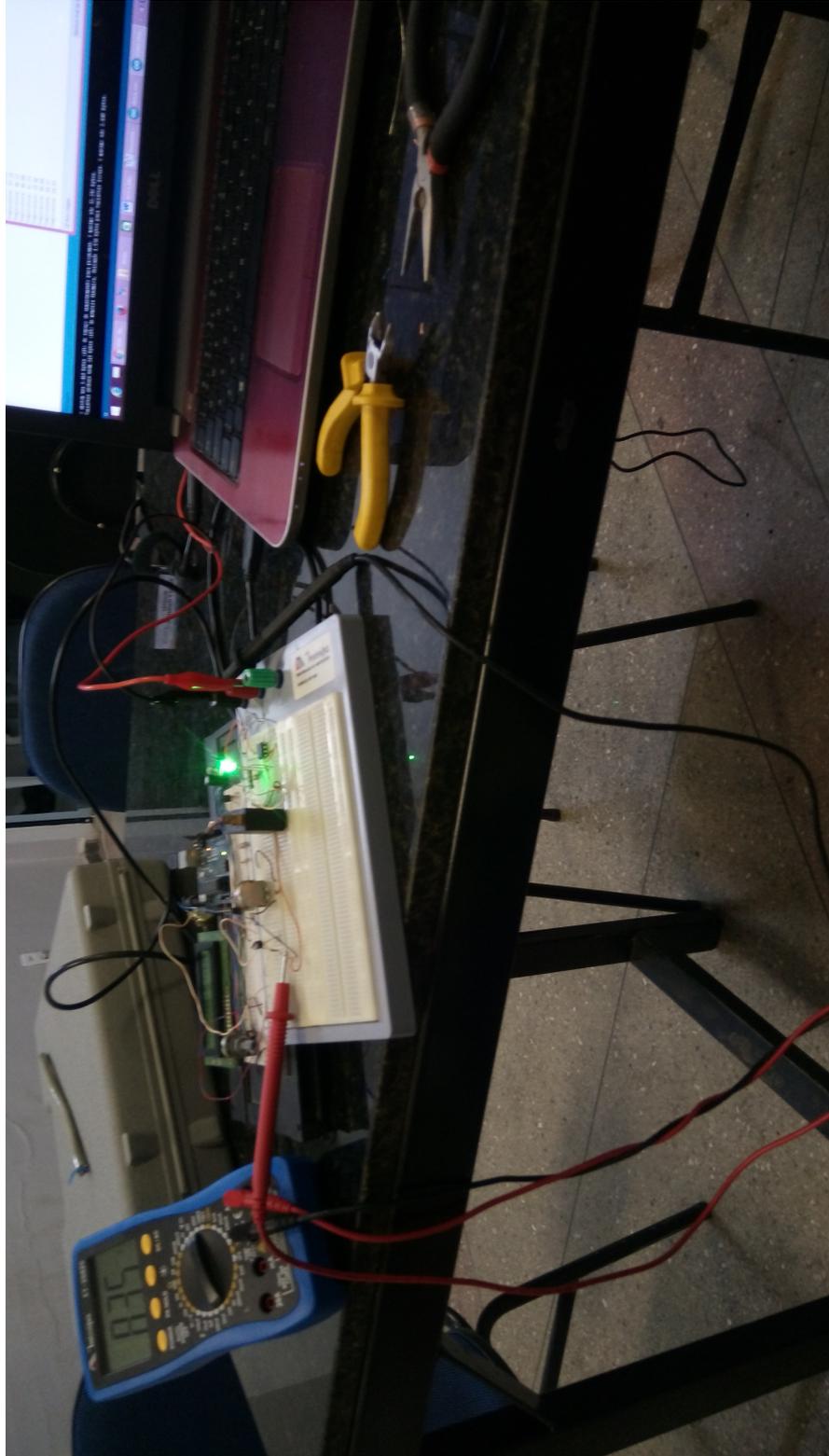
  
Moacyr Mendonça Costa Júnior

Engenheiro Eletricista CREA: 61403/D

17/06/2016

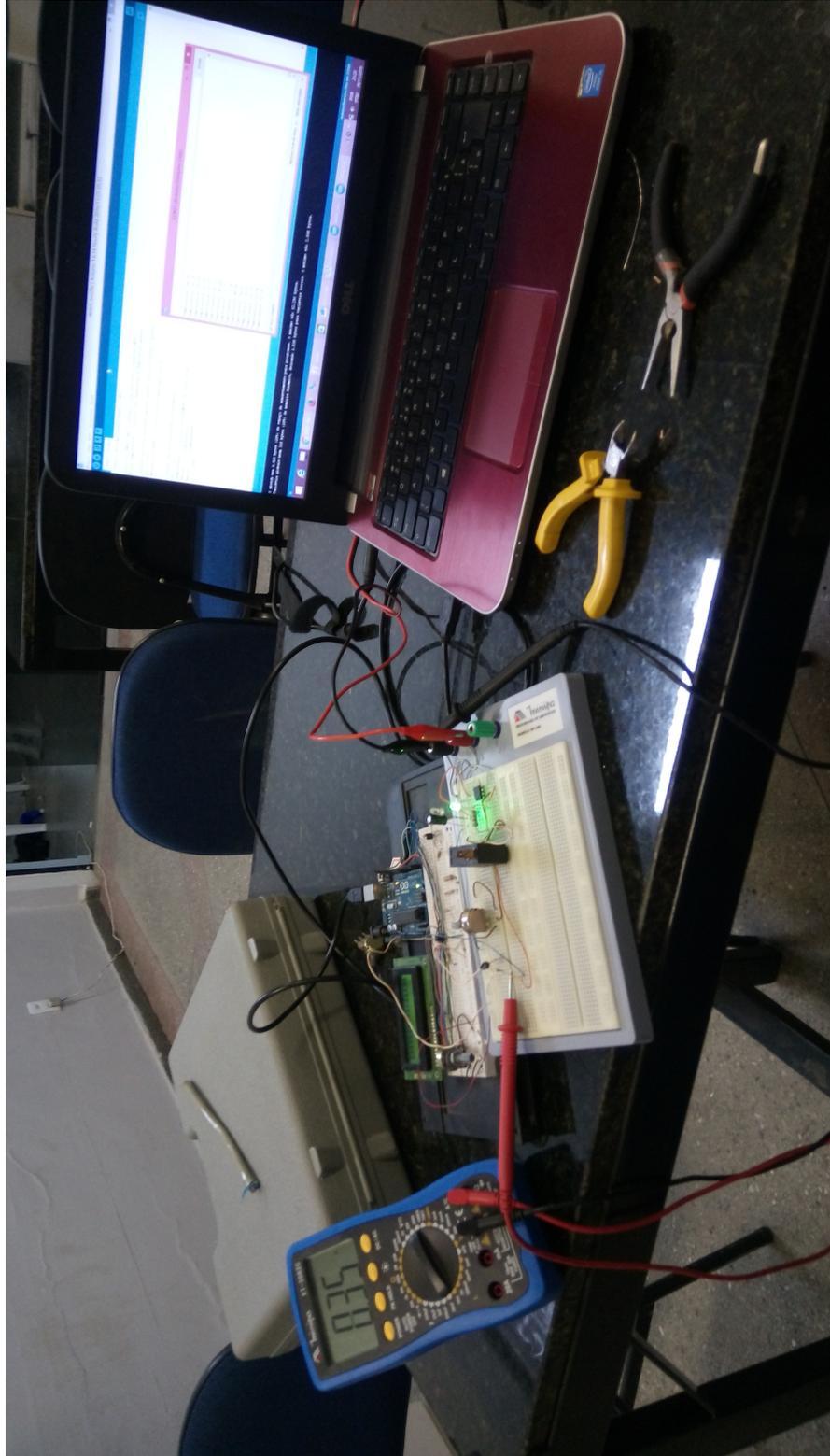
**Moacyr Mendonça Costa Júnior**  
Engenheiro Eletricista  
Engenheiro de Segurança do Trabalho  
RG CREA 61403/D

## ANEXO B



Fonte: Autor, 2017

## ANEXO C



ANEXO D

