

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED PARA APLICAÇÃO EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA

*Eduardo Boff<sup>1</sup>; Felipe Serpa<sup>2</sup>; Arthur Pickett<sup>2</sup>; Raul Fernandez Sales<sup>3</sup>*

### 1. INTRODUÇÃO

O projeto aqui delineado se propôs a realizar um estudo da tecnologia LED em aplicações para a iluminação de ambientes externos (Iluminação Pública – IP). A partir deste estudo, foi desenvolvido um sistema de iluminação equivalente às lâmpadas e luminárias convencionais (refletores de 100W com lâmpadas de vapor de sódio). Salienta-se que os sistemas convencionais apresentam baixos índices de desempenho, especialmente no tocante à iluminância e ao índice de reprodução de cores, por outro lado, as lâmpadas utilizadas atualmente demandam uma quantidade maior de energia, fatos que se refletem no gastos elevado com o faturamento da energia elétrica contratada.

Contudo, apesar das notáveis potencialidades da tecnologia LED quanto à eficiência e desempenho, o investimento inicial atrelado à sua implantação é muito significativo. Neste sentido, o projeto na sua essência busca, através desta pesquisa, contribuir à popularização da tecnologia LED aplicada ao segmento da iluminação pública e, à posteriori, à iluminação decorativa ou arquitetônica como futura etapa de desenvolvimento.

A primeira versão do protótipo apresentou resultados satisfatórios em termos de funcionamento. A partir deste foram extraídos dados para compor o estudo de viabilidade econômica para a fabricação destas luminárias. Contudo é importante lembrar que o protótipo precisa ser aprimorado, especialmente no tocante aos índices de desempenho.

<sup>1</sup> Aluno do IFC – Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica. E-mail: [peretti.fabiano@hotmail.com](mailto:peretti.fabiano@hotmail.com) (Bolsista).

<sup>2</sup> Aluno do IFC – Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica. (Colaborador).

<sup>3</sup> Professor Orientador. IFC – Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica. E-mail: [raul.sales@ifc-videira.edu.br](mailto:raul.sales@ifc-videira.edu.br)

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O projeto foi idealizado em cinco fases com a duração de 12 meses. A primeira delas foi a **Contextualização do Problema**. Por contextualizar se entende, ser primordial compreender a tecnologia LED, suas especificidades, vantagens e especialmente, de que forma as desvantagens poderiam impactar no desenvolvimento deste projeto. Nesta fase também foi realizado o mapeamento luminotécnico das luminárias utilizadas no sistema de iluminação convencional instalado no IFC Câmpus Videira. Logo disto foram realizados testes semelhantes com os dispositivos LEDs em bancadas de laboratório. O **desenvolvimento** deu início com a definição da topologia a ser utilizada no protótipo. Neste sentido, foram aproveitadas as luminárias (carcaças de refletores) para a adaptação da nova tecnologia. A fonte de alimentação<sup>4</sup> para o acionamento dos LEDs foi projetada com base no conhecimento já adquirido no curso técnico de eletroeletrônica. Após esta fase, foi realizada a montagem do protótipo para testes funcionais. Os protótipos foram instalados de maneira preliminar e temporária para auxiliar o processo de análise dos resultados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Testes Realizados em Luminárias convencionais:

Para obter os valores de iluminância que permitissem ter uma ordem de grandeza, foram realizadas algumas medições em laboratório e ambientes de operação como refletores do Câmpus e alguns postes de nossa cidade, essas levando em consideração a norma ABNT NBR 5101 que trata das disposições gerais sobre iluminação pública e algumas grandezas luminosas.

Especificações da lâmpada: Vapor de sódio; bocal E40; 400 W; 56.500 lúmens; IRC de 25; Corrente nominal de 4,6 A; Eficiência luminosa de 141 lúmens/ Watt; Fabricante Avant.

<sup>4</sup> O projeto da fonte de alimentação não foi objetivo principal deste projeto por existir outro projeto dedicado exclusivamente ao estudo de projeto e desenvolvimento de protótipos de fonte. Faz-se necessário o estudo e projeto de uma fonte de alimentação a corrente constante, topologia mais usual em aplicações com LEDs.

Especificações do Reator: 400 W; 4,6 A; 60 Hz; temperatura máxima de operação: 65 °C; e perdas de 54 W.

Na bancada foram montados a luminária e o reator, escolhemos alguns pontos pelo ambiente e realizamos as medições. No segundo teste, a única diferença foi que a luminária estava inserida em um refletor e posicionada um pouco mais a direita. Nas imagens abaixo temos as dimensões da sala com seus respectivos gráficos estimativos, referentes aos valores medidos.

### 3.2 Testes no LEDs

Foram testados alguns modelos de LED para verificação: Três LEDs de modelo

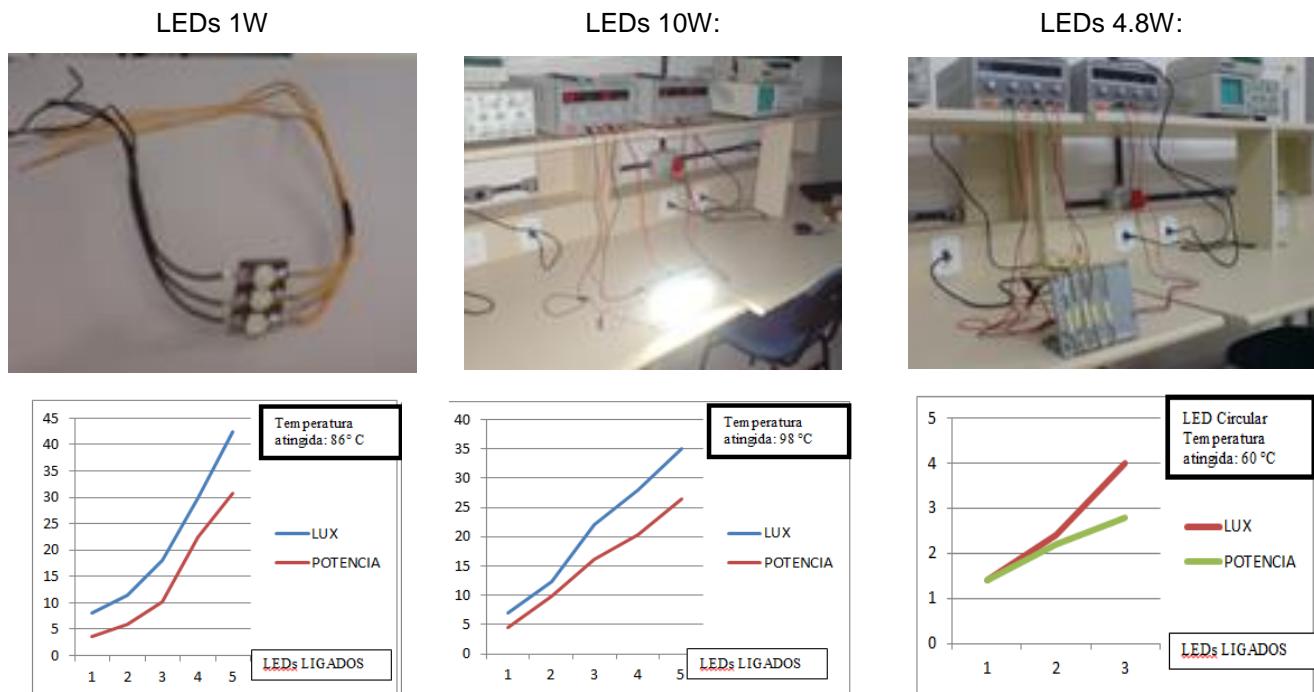


Figura 4 - Testes em Bancada

O modelo que apresentou o melhor índice de iluminância foi o LED de 4.8W. Estima-se que para uma aplicação em iluminação pública seria necessária uma matriz de 16 LEDs desse modelo para chegar aos valores de uma luminária de vapor de sódio como as anteriormente testadas, exigiria uma fonte de alimentação corretamente dimensionada para suprir a elevada corrente necessária para a operação nominal da matriz.

A solução então foi aplicá-los em menores proporções, a opção foram os refletores utilizados para a iluminação de painéis e fachadas.

### 3.3 Montagem do Protótipo

Foi possível comparar a iluminação de um LED, com a iluminação fornecida por um dos refletores, isto é, um modulo de 100W de vapor de sódio pode ser substituído por um modelo LED de 10W.

Para adaptar o LED ao refletor foram necessárias algumas modificações no refletor. Um pequeno corte no material refletor, a fixação de um dissipador de calor na estrutura. A estrutura metálica do refletor facilita igualmente a troca de calor e serve de suporte ao LED.

### 3.4 Fonte de Alimentação:

Fontes de alimentação são circuitos que tem a função de adaptar os valores de energia, de acordo com a carga que se deseja alimentar. A fonte reguladora é basicamente constituída por quatro estruturas:

A primeira delas é a de transformação, onde é realizada a redução dos valores de tensão da rede para os valores suportados pelos componentes que virão a seguir. A segunda é a retificação, que vem logo após o transformador. Nela se tem o bloqueio do sinal senoidal que estava no semicírculo negativo do sinal elétrico, e continuidade do semicírculo positivo no sistema. Essa etapa, na maioria dos casos é realizada por dispositivos semicondutores. Na terceira etapa o filtro capacitivo tem a função de deixar a onda senoidal muito próxima do linear. A última delas é a reguladora, onde o sinal torna-se linear e fixo em um valor. Na ilustração abaixo temos a forma de onda da tensão em cada etapa do circuito, para facilitar a compreensão.

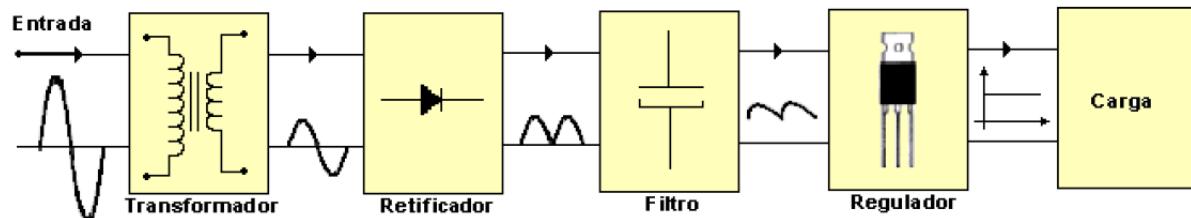


Figura 6 – Estrutura de uma Fonte de Alimentação Retificada.

A primeira solução pensada foi uma fonte de tensão reguladora variável. Os LEDs trabalham com pequenas tensões: 6.5V nos modelos retangulares e com 9V nos modelos de 10W, em tensão contínua. O sistema elétrico fornece 220V em corrente alternada e a uma frequência de trabalho de 60Hz. A função da fonte reguladora é abaixar esse valor de tensão e também torná-lo contínuo.

Ao implementar a fonte e liga-la aos LEDs foi constatado um problema. O fator temperatura voltou a criar transtornos. A fonte funcionava, porém assim que a luminosidade dos LEDs se estabilizava (a corrente chegava a seu valor nominal), a fonte desligava. O regulador chegava a seu limite máximo de temperatura, próximo aos 85° e se danificava. A solução foi acoplar um dissipador de calor também para ele. O dissipador foi fixado com pasta térmica adesiva e também por fitas auxiliares, devido a seu grande volume. Todos os componentes da fonte foram colocados em uma carcaça reaproveitada conforme imagem à continuação.

Com o problema da temperatura resolvido, foi adicionada uma camada de borracha entre os componentes e a carcaça para evitar curtos-circuitos e foi constatado que a temperatura de 85°C estabilizava-se por volta do 50° C.

### 3.5 Avaliação

Durante o decorrer do projeto foi identificada a inviabilidade e a dificuldade de se aplicar a tecnologia dos LEDs em lâmpadas que trabalhem com maior potência e maiores períodos de tempo com os modelos de LEDs utilizados neste projeto. Os problemas foram a elevada temperatura, necessitando de um sistema eficaz de controle de temperatura, e também a grande quantidade de LEDs para manter os índices de iluminância adequados às normas técnicas.

O investimento inicial com a tecnologia LED é mais caro que os modelos convencionais, as tabelas abaixo mostram um comparativo entre:

Investimento Inicial de um Refletor			
Produto	Quantidade	Valor Unitário	Total
Refletor	4	R\$ 25,28	R\$ 101,12
Lâmpada 100W	4	R\$ 3,60	R\$ 14,40
Gastor Extras	*	*	R\$ 5,00
<b>Total</b>		R\$ 120,52	
<b>Gasto Mensal</b>		R\$ 32,44	Gasto Mensal com Consumo

Investimento Inicial com LEDs			
Produto	Quantidade	Valor Unitário	Total
LED 10W	3	R\$ 7,73	R\$ 23,19
Refletor	4	R\$ 25,28	R\$ 101,12
Gastor Extras	*	*	R\$ 10,00
Fonte de Alimentação	3	R\$ 28,99	R\$ 86,97
<b>Total</b>		R\$ 221,28	
<b>Gasto Mensal</b>		<b>R\$ 2,43</b>	Gasto Mensal com Consumo

O antigo sistema contava com quatro módulos de 100W para a antiga iluminação, logo 400W eram consumidos.

Adotamos um período de funcionamento médio de 8 horas por dia, e utilizamos o preço de KW/h cobrado pela ANEEL (Associação Nacional de Energia Elétrica), que é de 0,33793 R\$.

$$Consumo = \frac{\text{Potência em Watts} \times \text{Horas de funcionamento ao Mês}}{1000}$$

Calcular o gasto com a lâmpada Vapor de Sódio

$$Consumo = \frac{(4 \times 100) \times (8 \times 30)}{1000}$$

$$Consumo = 96 \text{ KW/H}$$

$$Custo = 96 \times 0,33793$$

$$Custo = R\$ 32,44$$

Calcular o gasto com as Luminárias LED:

$$Consumo = \frac{(3 \times 10) \times (8 \times 30)}{1000}$$

$$Consumo = 7,2 \text{ KW/H}$$

$$Custo = 7,2 \times 0,33793$$

$$Custo = R\$ 2,43$$

Em teoria teríamos uma redução de gasto de quase 360 reais anuais, só para o consumo dos refletores na entrada da escola. A vida útil dos LEDs representa o dobro da vida útil das luminárias de vapor de sódio, a qual se acionados com bons standards de qualidade de energia elétrica podem durar aproximadamente 10 anos, reduzindo significativamente os gastos com manutenção.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medições realizadas no decorrer desta primeira fase do projeto foram realizadas com luxímetro, e de acordo com os critérios estabelecidos pela norma ABNT 5101 de 1992. Através desses valores obtidos é que podemos nos basear para o desenvolvimento de nossa luminária. Alguns fatores vieram a preocupar nosso protótipo, o primeiro deles foi o fator temperatura, já que sem refrigeração os LEDs ligados alcançavam valores muito altos em questão de minutos, logo será necessário projetar também dissipadores de calor e ventilação forçada.

A fonte de modelo reguladora merece uma atenção especial para o seu projeto e desenvolvimento.

Durante a pesquisa foram encontrados modelos de fonte chaveadas com alta corrente, modelos ideais para o protótipo, pois não são volumosas e fornecem corrente e tensão suficiente para uma grande matriz de ligação.

Deseja-se montar dois protótipos de luminárias, um simples e um para substituir refletores.

Com o protótipo concluído, estima-se uma redução de aproximadamente 50% do valor de potência consumido em relação aos modelos de vapor de sódio testados em laboratório, e também de acordo com a teoria, um maior tempo de manutenção na luminária. As Figuras 1 a 4 apresentam algumas fases do projeto do protótipo desenvolvido e um dos cenários de aplicação para este.



Figura 1 - Protótipo Montado



Figura 2 - Quadro para Fonte de Alimentação



Figura 3 - Refletores LEDs instalados



Figura 4 - Refletores LEDs instalados

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] RIBEIRO, A. C. *et al.* O emprego da tecnologia LED na iluminação pública. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 111-132. (2012). Editora UniBH. ISSN: 1984-3151.
- [2] NOVICKI, J., MARTINEZ, R. LEDs para iluminação pública. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal do Paraná. 2008.
- [3] Eletrobrás – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, “**Iluminação Pública no Brasil**”. Acessado em 12/05/2013. Disponível em <http://www.eletrobras.gov.br/ELB/procel>.