

SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS INCANDESCENTES CONVENCIONAIS POR LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS : ALGUMAS CONSIDERAÇÕES (456)

Magnanini, Claudio⁽¹⁾; Coelho, Fernanda F. M. ⁽²⁾; Lomardo, Louise L.B.⁽³⁾ ; Grillo, Pedro ⁽⁴⁾; Caetano, Diego ⁽⁵⁾

(1) LabCECA, Pósgraduação em Arquitetura e Urbanismo, UFF, claudio.arq.uff@gmail.com

(2) LabCECA, Pósgraduação em Arquitetura e Urbanismo, UFF, fernandafmcoelho@gmail.com

(3) LabCECA, Professora Associada, PGAU, UFF, louiselbl@gmail.com

(4) LabCECA, Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFF, grillo.pedro@gmail.com

(5) LabCECA, Pósgraduação em Arquitetura e Urbanismo, UFF, diego.caetano@gmail.com

Resumo

A iluminação artificial é responsável por cerca de 20 a 30 % da demanda total de energia elétrica em todo o mundo. Recentemente cresceu significativamente o interesse da sociedade e dos governos por equipamentos e sistemas energeticamente mais eficientes. Em dezembro de 2010 foi promulgada a Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC 1007, prescrevendo valores mínimos de eficiência energética para as lâmpadas incandescentes não halógenas, o que representa na prática o banimento do mercado destas populares lâmpadas. A substituta natural das lâmpadas incandescentes convencionais é a lâmpada fluorescente compacta ou LFC. Apesar de sua superior eficiência energética, as LFC apresentam algumas outras características não tão favoráveis, tais como a inferior reprodução de cores e a questão dos impactos ambientais provocados pelo incorreto descarte. Outra questão controversa é a referente a vida útil das LFC. Este artigo divulga uma pesquisa que possui como um dos seus objetivos principais o estabelecimento de um método de ensaio de vida acelerada de modo a prever a vida útil de LFC em diversos ciclos de acionamento.

Palavras-chave: Iluminação artificial, LFC, Eficiência energética, Vida útil de lâmpadas.

Abstract

Artificial lighting accounts for about 20-30% of total electricity consumption around the world. After the energy crisis of 70 decade, the interest of society and governments for equipment and systems with more energy efficiency has significantly increased. The Brazilian regulatory framework MME/MCT/MDIC 1007 was enacted in December 2010. It prescribes the minimum energy efficiency requirements for non-halogen incandescent bulbs, which denotes the policy of phasing-out these popular lamps from Brazilian market. The natural replacement of conventional incandescent lamps is the compact fluorescent lamp or CFL. Despite its superior energy efficiency, CFLs have some other not so favorable characteristics such as lower color reproduction. These lamps have elements such as mercury in their composition, among others and the environmental impacts caused by incorrect disposal must be considered. Another controversial issue is related to the life of the CFL. This paper releases a research has as one of its main objectives the establishment of a method of accelerated life test in order to predict the lifetime of CFLs in various drive cycles.

Keywords: Artificial lighting, CFLs, Energy efficiency, Lamp life.

INTRODUÇÃO

A iluminação artificial, responsável por 17 % do consumo final de energia elétrica no Brasil(BRASIL, 2007), talvez tenha sido uma das tecnologias mais impactantes nos projetos arquitetônicos dos últimos dois séculos. Nas últimas décadas, principalmente após a crise energética dos anos 70, cresceu significativamente o interesse da sociedade e dos governos por equipamentos e sistemas energeticamente mais eficientes ou seja, que proporcionavam o mesmo nível de satisfação, conforto e utilidade com um menor consumo energético. No ano de 2001 o Brasil passou por uma série crise de geração de energia elétrica devido à falta de investimentos no setor. Neste quadro, teve início a crescente oferta em nosso mercado de lâmpadas fluorescentes compactas, muitas vezes distribuídas gratuitamente pelas empresas concessionárias no intuito de reduzir a carga imposta ao sistema elétrico (SANTOS, 2009).

Em dezembro de 2010 foi promulgada a Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC 1007, que prescreve valores mínimos de eficiência energética para as lâmpadas incandescentes não halógenas, o que representa na prática o impedimento da fabricação e importação destas populares lâmpadas já a partir de junho de 2012 para as que possuem potência nominal superior a 100W e de junho de 2013 para as de potência superior a 60W. Embora seja conhecida a baixa eficiência energética das lâmpadas incandescentes, uma vez que pouco mais de 5 % da energia elétrica consumida é efetivamente convertida em iluminação, algumas vantagens existem, tais como a excelente reprodução de cores, seu baixo preço inicial de aquisição e instalação, a facilidade de controle da iluminação gerada por simples e econômicos dispositivos de dimerização e o baixo impacto no meio ambiente causado pelo descarte destes produtos no final de sua vida útil, mesmo que não sejam utilizados métodos adequados de manejo. A substituta natural das lâmpadas incandescentes convencionais é a lâmpada fluorescente compacta, doravante simplesmente denominada de LFC. Apesar de sua superior eficiência luminosa – por volta de 60 lúmens por Watt, enquanto as incandescentes pouco ultrapassam a marca de 10 lúmens por Watt, as LFC apresentam algumas características não tão favoráveis. Entre estas características negativas podemos citar: a) a inferior reprodução de cores, b) o fato de representarem ao sistema cargas elétricas não lineares e geradoras de harmônicas, c) o fato do fator de potencia ser inferior à unidade, d) a impossibilidade de simples dimerização impedindo muitas vezes a troca direta da incandescente originariamente instalada e e) a questão dos impactos ambientais provocados pelo incorreto descarte. Estas lâmpadas possuem em sua composição metais pesados tais como o mercúrio e outros contaminantes utilizados em sua confecção. Embora a quantidade de mercúrio seja relativamente reduzida – estimada cerca de 4mg por peça, a quantidade anual de lâmpadas descartadas é extremamente elevada e ainda não é possível efetuar o correto descarte para a quase totalidade dos usuários (BASTOS, 2011). Outra questão controversa, que enfocaremos no presente trabalho, é a referente à vida útil das LFC. Os procedimentos utilizados pelos fabricantes para a publicação dos dados consideram um ciclo de acionamento de uma a oito operações diárias, geralmente muito inferior ao ciclo de serviço normalmente encontrado em boa parte das aplicações típicas comerciais e residenciais. Esta pesquisa tem como um dos seus objetivos principais o estabelecimento de um método que permita prever a vida útil de LFC em diversos ciclos de acionamento.

2 A LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA

Nas lâmpadas fluorescentes, desenvolvidas comercialmente a partir da II^a Guerra Mundial, a energia luminosa é produzida por meio da descarga elétrica em meio gasoso. Consistem em um tubo cilíndrico de vidro, tendo em suas extremidades filamentos metálicos de tungstênio recobertos por uma mistura de óxidos que aumentam o seu poder emissor de eletrons e por onde circula a corrente elétrica (BUSO, 2004). Os filamentos possuem a finalidade de

vaporizar por aquecimento o mercúrio metálico existente no interior do bulbo de vidro, de modo a formar o vapor de mercúrio imediatamente antes do arco elétrico pleno e de alimentar este arco tão logo o mesmo esteja formado e estabilizado.

De forma diversa às lâmpadas incandescentes convencionais, as lâmpadas fluorescentes não podem ser conectadas diretamente à rede elétrica e necessitam de um equipamento especial, denominado reator, que deve cumprir dois requisitos básicos: proporcionar durante um curto espaço de tempo o aquecimento do filamento de modo a atingir a temperatura de emissão desejada e vaporizar o mercúrio existente de modo a proporcionar condições para a ignição do arco elétrico, e uma vez estabelecido o arco, manter a corrente elétrica que percorre a lâmpada dentro de limites preestabelecidos. O período de tempo transcorrido entre a energização da lâmpada e a ignição do arco elétrico em condições plenas é denominado de preaquecimento dos filamentos e influí sobremaneira na vida útil dos filamentos e, consequentemente da própria lâmpada, sendo muito influenciado pelos ciclos de chaveamento (liga-desliga) praticados. Existem basicamente quatro tipos de partida/reatores para lâmpadas fluorescentes, que são: Reator eletromagnético de partida convencional, Reator eletromagnético/eletrolétrico de partida rápida, Reator eletromagnético/eletrolétrico de partida instantânea, Reator eletrônico de partida programada.

A lâmpada fluorescente compacta (LFC) surgiu no mercado no início da década de 1980. Posteriormente surgiram as LFC, com reator eletrônico integrado e base rosqueada tipo Edson, destinadas a efetuarem a substituição direta das lâmpadas incandescentes não dimerizadas. São estas lâmpadas as que serão estudadas neste trabalho.

Tipo da lâmpada	Incandescente		Fluorescente			
			Halofosfato T12	Trifosfato T8	Trifosfato T5	LFC
Tipo	I1H464	I1A472	F1A125	F3B068	F8A084	F5G570
Potência (W)	60	150	30	32	28	14
Fluxo luminoso (lm)	864	2505	2100	2700	2900	846
Eficiência lum. (lm/W)	14,4	16,7	70	84,4	13,6	60,5
Vida útil (horas)	1000	750	7500	7500	24000	8000
Índice Reprod. cores	100	100	72	85	85	85

Quadro 1 – Características gerais de lâmpadas incandescentes e fluorescentes

Fonte: Elaboração dos autores – Dados Catalogo de Lâmpadas Sylvania / Soluções em Iluminação 2010.

3 A VIDA ÚTIL DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS – LFC

Os ensaios de vida de lâmpadas fluorescentes são efetuados considerando um ciclo diário de 8 operações, sendo as amostras energizadas por 2 horas e 45 minutos e desligada por 15 minutos (IESNA, 1991 apud JI, 1998). As Normas BS EN 60969:1993 e IEC 60969:1993 são utilizadas pelos fabricantes para a determinação dos valores publicados de vida útil para as LFC com reatores integrados. Muitos fabricantes informam de que não é recomendado o uso destes dispositivos em aplicações que representem ciclos de acionamento mais rápidos dos que os normalizados, tais como em minutarias, sensores de presença, lavabos e sanitários, etc. Tais aplicações podem acarretar uma grande redução em sua vida útil, porém pouca informação adicional é disponível. Alguns estudos publicados (SANTOS, 2009) indicam que, na verdade, a redução da vida útil em ciclos de chaveamento mais severos decorrem não das características das lâmpadas, mas sim dos reatores empregados.

Desta forma, para a aplicação em frequentes ciclos de chaveamento (liga/desliga) é recomendada a utilização de reatores especialmente projetados para esta aplicação, que são os

reatores de partida programada, de modo a preservar a durabilidade das lâmpadas. Ocorre, contudo, que para as lâmpadas fluorescentes convencionais e compactas o reator mais utilizado comercialmente é o do tipo partida rápida, por sua simplicidade e menor custo aliados a uma grande eficiência. Nestes reatores, os filamentos das lâmpadas são submetidos a uma reduzida tensão de forma permanente, independente da temperatura dos filamentos, enquanto uma elevada tensão é aplicada à lâmpada. Isto provoca uma corrente de descarga luminescente (*glow current* – anterior ao arco em regime permanente) que produz um elevado desprendimento de material emissivo do filamento, contribuindo para uma redução na vida útil.

O término da vida útil das lâmpadas fluorescentes é determinada pela perda do revestimento emissor de eletrons do filamento. Parte do revestimento emissor é erodido dos eletrodos a cada ignição da lâmpada, sendo que existe uma perda adicional enquanto a lâmpada permanecer acesa. A temperatura do eletrodo afeta diretamente a evaporação e a erosão do revestimento emissor, impactando desta forma na vida do dispositivo. Temperaturas elevadas provocam uma maior evaporação, enquanto que temperaturas baixas causam a erosão do mesmo (JI, 1998).

Diversos estudos tem sido publicados sobre este assunto, um dos mais recentes (ROSILLO, 2010), indica que podemos modelar a vida prevista de uma LFC por:

$$V_p = V_n + N_p A + N_c B \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde : V_p : Vida útil prevista, em horas.

V_n : Vida nominal informada pelo fabricante, em horas.

N_p : Número de acionamentos,

N_c : Número de horas em operação

A : Constante representativa da degradação do filamento devido aos acionamentos.

B : Constante representativa da degradação devido a operação contínua.

4 MÉTODO:

Para contribuir com o estabelecimento de método de ensaio de vida útil das lâmpadas LFC foi desenvolvido um equipamento que permite submeter as LFC a diversos ciclos de acionamento com o objetivo de estimar a vida útil das mesmas em ciclos de funcionamento distintos dos utilizados nos ensaios atualmente adotados pelos fabricantes.

O equipamento (figura 2) consiste de dez células de teste (a) onde são montadas as amostras (b), monitoradas individualmente por um fotosensor (c). As amostras podem estar continuamente energizadas ou então submetidas a um ciclo contínuo de chaveamento, com ajustes dos tempos de acionamento e desligamento. O tempo em que as amostras estão acesas é monitorado por contadores (d) sincronizados com uma base de tempo controlada a cristal, com resolução de leitura de um segundo. Todo o equipamento é energizado diretamente pela rede elétrica da concessionária local, sem a utilização de qualquer dispositivo de filtragem ou estabilização, de modo a simular o mais fielmente possível as condições reais de operação. Para o levantamento dos dados atuais cinco amostras permaneciam continuamente energizadas e cinco outras foram submetidos a diferentes ciclos sucessivos de chaveamento, com tempos de energização ajustados em 60 ou 170 segundos e ciclos de desligamento de 60 e 900 segundos.

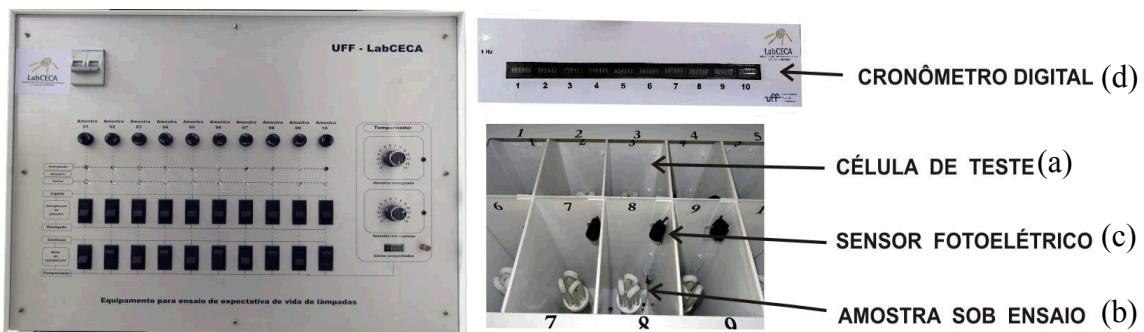


Figura 2 – Equipamento de ensaio utilizado.

Fonte: LabCECA, 2012

Os ensaios foram executados em um lote de lâmpadas adquiridas no comércio varejista local da fabricante OSRAM com as seguintes características nominais: Vn:110-130V; Pn:15W; Vida média: 3.000h (2,7 h/dia); Modelo:15W/865 LUMILUX.

5 ENSAIOS: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios foram realizados no período de agosto de 2011 a maio de 2012. Para cada ensaio foram utilizados cinco amostras e seus resultados encontram-se sumarizados no quadro 2. Para a determinação da vida útil, foi realizada a média aritmética das cinco amostras, com a indicação do desvio padrão entre as mesmas.

Ensaio	T _{on} (s)	T _{off} (s)	Número ciclos diários	Total ciclos	Vida média(h)	Desvio Padrão
A	60	60	720	4.000	147,54	47,87
B	170	60	376	12.632	777,68	339,33
C	170	900	85	1.374	390,00	100,46
D	Contínuo	----	0	1	6100,00	----

Quadro 2 – Valores obtidos nos ensaios parciais

Fonte: Elaboração dos autores

Apesar de a pesquisa ainda estar em andamento é possível fazer algumas considerações sobre os resultados parciais levantados até o momento:

Verificamos que para as amostras severamente acionadas no ensaio “A” a vida útil foi de apenas 147,54 horas. Como esperado, é muito grande a influência dos acionamentos na vida útil das LFC. Todas as 5 amostras continuamente energizadas no ensaio “D” continuam acesas após 6.100 horas, superando em muito sua vida nominal indicada de 3.000 horas (válidas para um único ciclo diário de 2,75 horas de energização, conforme dados do fabricante impressos na embalagem). Consideramos importante também nos próximos experimentos repetir os parâmetros do ensaio realizado pelo fabricante, de forma a comparar e analisar criticamente os resultados obtidos pelo fabricante, assim como para testar o experimento descrito neste artigo.

Vale apontar que o ensaio realizado pelo fabricante para determinação do ciclo de vida das lâmpadas LFC adotadas no experimento aqui descrito diverge do recomendado pela norma BS 60969, que prescreve 8 ciclos diários.

O tempo de resfriamento das amostras foi verificado por meio da medição da variação da resistência elétrica dos filamentos em função do tempo, sendo obtido o valor de 860 segundos para o resfriamento pleno. Desta forma, a terceira série de ensaios “C” foi testada com o

tempo de desligamento de 900 segundos. Os resultados obtidos fortalecem a premissa de que se a nova energização for efetuada com o filamento ainda aquecido, haverá uma maior preservação da vida útil da amostra.

Segundo a equação 01 (ROSILLO, 2010), os coeficientes “A” e “B” seriam negativos e a depreciação da vida útil em função do número de acionamentos seria linear. Percebemos que ocorreu a depreciação em todos os ensaios realizados (exceto para as lâmpadas não submetidas aos ciclos diários de acionamento), porém esta não se deu de forma linear. Dos 3 ciclos de acionamento ensaiados (A, B e C), um (B) se comportou de forma não linear em comparação com os demais. A hipótese de que a variação da temperatura do filamento também influencia a vida útil deve ser considerada. Consideramos conveniente realizar mais ensaios para testar a hipótese de que o desvio ocorrido no ensaio B seria um padrão nos ensaios com ciclos de acionamento acima de 900 segundos.

6 CONCLUSÕES

Os resultados parciais do experimento nos permitem constatar que o método utilizado pelos fabricantes para determinação do ciclo de vida das LFC é adequado apenas para situações práticas muito específicas. As lâmpadas LFC submetidas a diferentes ciclos de acionamento podem ter sua vida útil aumentada ou reduzida drasticamente conforme o ciclo de utilização. Mais ensaios serão necessários e estão em andamento para contribuir com o desenvolvimento de um modelo válido para a estimativa da vida útil de LFC frente a sucessivas operações. É preciso também ao analisar os resultados identificar outras variáveis que possam ter influenciado os ensaios realizados.

Por fim, para uma avaliação mais ampla, pretendemos em trabalhos futuros realizar comparativo entre as lâmpadas LFC e lâmpadas incandescentes a partir da metodologia de análise de ciclo de vida (ACV) considerando os resultados de vida útil apontados por esta pesquisa. Embora as LFC sejam as substitutas naturais para as incandescentes tradicionais, cabe ressaltar que existem casos de aplicações tais como sanitários, minutarias, sensores de presença, para os quais seu uso deva ser analisado com cautela devido a degradação de sua vida nominal em determinados ciclos de uso.

REFERÊNCIAS

BASTOS, Felipe Carlos. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro. UFRJ / COPPE, 2011.

BRASIL, MME – **Plano Nacional de Energia 2030**. Ministério de Minas e Energia. Brasília. MME : EPE, 2007.

BUSO, David. **Influence des modes d'alimentation et de gestion des réseaux d'éclairage sur la performance et la fiabilité des sources de lumière. 2004**. Tese de Doutorado, Universite Paul Sabatier de Toulouse II, Toulouse, France.

BSI, British Standard Institute. **BS EN 60969:1993. Self-ballasted lamps for general lighting services – Performance requirements**. BSI, 2001, ISBN 0 580 17544 8.

JI, Yunfen; DAVIS, Robert; CHEN, Weihong. **An investigation of the effect of operating cycles on the life of compact fluorescent lamps**. Lighting Research Center, Paper 35, 1998 IESNA Annual Conference, 1998.

ROSILLO, F.G; MARTIN, N; EGIDO, M.A. **Prediction of fluorescent lamp lifetimes with accelerated testing**. Lighting Research Technology, 2010; 42: 467-478. disponível em www.lrt.sagepub.com, em 10.04.12.

SANTOS, Anderson; TOSS, Marcelo; SOUZA, Raphael; TONKOSKI, Reinaldo; REIS, Fernando. **A Influência do reator eletrônico com partida programada na vida útil da lâmpada fluorescente T5**. Revista Eletrônica de Potência – ISSN 1414-8862, vol. 14, no. 3, agosto de 2009.