



Capítulo I

Introdução

Por Vicente Scopacasa*

Esse é o primeiro artigo de uma série de 12 que serão publicados ao longo do ano, em que iremos abordar os principais aspectos da tecnologia Led aplicados de forma prática no desenvolvimento e projeto de luminárias de estado sólido. Iremos destacar as principais características de cada componente da luminária, características estas que consideramos importantes para a garantia do desempenho e da qualidade da luminária.

Muito se comenta o fato de os Leds apresentarem, como uma de suas principais características, longa vida útil, fato que seria o suficiente para garantir a longevidade da luminária, mas isso não é verdade. Como sabemos, a luminária de estado sólido, com base na tecnologia dos Leds, comporta outros componentes, como lentes, controladores, dissipadores térmicos, conectores, etc., e cada um destes dispositivos tem comportamentos específicos e que também contribuem para o bom desempenho da luminária.

Portanto, os Leds são somente uma parte da luminária de estado sólido e, com certeza, são os componentes mais confiáveis de todo o sistema. Isto significa que a luminária não pode ter sua vida útil baseada somente no desempenho dos Leds, logo, todos os outros componentes deverão

ser minuciosamente avaliados e este será nosso objetivo.

Talvez por desconhecimento ou por qualquer outro motivo, é comum fabricantes de luminárias de estado sólido especificarem a vida útil de seus produtos com base somente na vida útil dos Leds. Por outro lado, existe uma grande preocupação destes fabricantes em saber se a vida útil dos Leds é de 50.000 ou 60.000 horas sem levar em consideração a vida útil dos outros

componentes, pois a confiabilidade do sistema é determinada pelo desempenho individual de cada componente da luminária.

Na Figura 1, apresentamos todos os componentes que fazem parte de uma luminária com Leds. Nota-se que o Led é um dos vários componentes da luminária, talvez o mais importante, porém, só ele não garante o perfeito funcionamento e desempenho de todo o sistema.

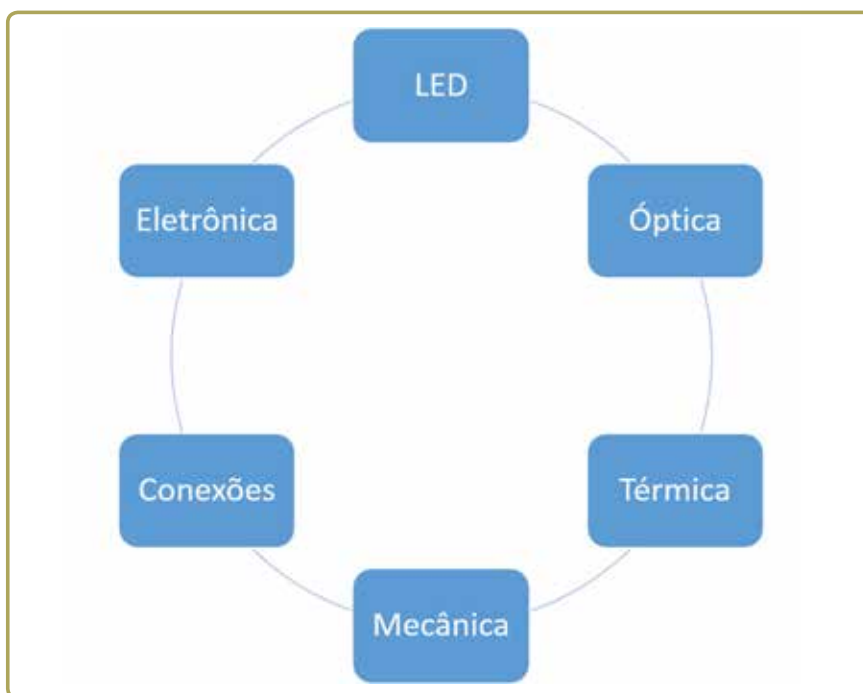


Figura 1 – Componentes da luminária de estado sólido.

Outro fator importante é que algumas organizações responsáveis por selos de eficiência energética, como a Energy Star, por exemplo, têm especificado valores de vida útil menores do que normalmente era especificado anteriormente. Por exemplo, algumas lâmpadas ou luminárias são especificadas para 25.000 horas e, dependendo do produto e da aplicação, há maior flexibilidade no projeto do dispositivo.

Falando de vida útil da luminária Led, é preciso entender qual é o comportamento e quais são os modos de falhas que normalmente acontecem com os Leds isoladamente. Neste caso, vamos detalhar como alguns conjuntos de informações podem ajudar os projetistas a determinar o comportamento dos Leds operando sob diferentes condições.

Como sabemos que a maioria dos projetistas tem conhecimento sobre os sistemas que utilizam fontes de luz convencionais é preciso fazer com que eles entendam o comportamento de manutenção de fluxo e "mortalidade infantil" dos Leds em

termos similares aos utilizados nos sistemas convencionais. Isto fará com que as etapas do projeto sejam simplificadas mesmo que, neste caso, não tenhamos muita similaridade nas informações.

É preciso também levar em consideração alguns parâmetros novos quando projetamos luminárias com Leds, como a escolha do driver correto, gerenciamento térmico, entre outros.

MODO DE FALHA DAS FONTES DE LUZ POR ENVELHECIMENTO

Quando analisamos o modo de falha da lâmpada incandescente, verificamos que esta perde pouco fluxo até que ocorra falha do tipo catastrófica, em que a lâmpada deixa simplesmente de funcionar. Ao estendermos esse processo para uma instalação, tais falhas catastróficas resultam na queda do nível de iluminação do ambiente. Dependendo de fatores internos ou externos, teremos que trocar todas as lâmpadas a fim de termos o

ambiente suficientemente iluminado para atender às necessidades do usuário ou o cumprimento de normas impostas por órgãos específicos.

No entanto, os Leds não apresentam a tendência de falhar catastróficamente e sim através da depreciação de fluxo luminoso com o tempo. Por sua característica de construção, os Leds apresentam baixos níveis de falhas catastróficas, sendo uma das inúmeras vantagens que apresentam comparados às fontes de luz convencionais.

Esta depreciação de fluxo acontece de forma gradativa e lenta, sendo que o sistema opera por mais tempo dentro das condições ideais de iluminação e esta é uma outra vantagem que os Leds apresentam sobre as fontes convencionais pois o custo de manutenção é bem menor em função de termos um intervalo maior entre trocas.

Definições básicas da vida útil feitas pela indústria de iluminação:

As definições básicas da vida útil normalmente especificadas pela indústria

de iluminação são: o nível mínimo de iluminamento, o intervalo de trocas relacionado com a manutenção, o custo inicial da instalação relacionado com o investimento inicial e os custos de energia ao longo da vida útil. Tais critérios são fundamentais para o cálculo do retorno do investimento que define a viabilidade dos projetos. Quanto mais rápido for o retorno do investimento, em meses ou anos, maior será a certeza da tomada de decisão favorável à utilização dos Leds.

Historicamente, a indústria de iluminação pontua os produtos baseados na percentagem de falhas que estes produtos apresentam. Por exemplo, B10 define que a expectativa de falhas seja de 10% da população. Também se utiliza B50 que representa expectativa de falhas de 50% da população. Na Figura 2 temos a representação gráfica da indústria de iluminação quanto ao modo de falhas de uma fonte de luz.

Com a crescente utilização de produtos utilizando Leds, a indústria começa a definir a manutenção de fluxo luminoso, também conhecida como manutenção de lúmens, como um critério para a determinação da vida útil da luminária. Órgãos internacionais de iluminação constatarem como critério aceitável a redução do fluxo luminoso em até 30% do valor inicial com base no fato de que o olho humano pode detectar uma redução do nível de iluminamento aqui representado como L70, ou seja, é aceitável como vida útil a manutenção de até 70% do fluxo inicial gerado pela fonte de luz.

Considerando os dois fatores até agora

apresentados, podemos representar como expectativa de vida do Led como BxxLyy, em que:

- xx representa a percentagem da população; e
- yy representa a percentagem de manutenção do fluxo luminoso original.

Exemplificando melhor, B50L70 significa que 50% da população irá manter, em média, 70% do fluxo original. Da mesma forma, B10L70 representa que 90% da população irá manter, em média, 70% do fluxo original, isso tudo considerando um determinado número de horas. Com a utilização destes parâmetros, o projetista tem condições de estimar a expectativa de vida do Led que está sendo considerado no projeto, pois tais parâmetros são dependentes das condições de corrente e de temperatura nas quais os Leds foram testados e especificados pelos seus fabricantes.

Além da definição de BxxLyy, temos ainda que considerar qual o tempo envolvido para melhor definir a manutenção de lúmens. Como forma de avaliar a manutenção de fluxo luminoso dos vários tipos de Leds e fabricantes, a IESNA (Illuminating Engineering Society North America) publicou o documento LM-80-08, que nada mais é do que um procedimento de teste para Leds e módulos de Leds, não considerando óticas, controladores, dissipadores, etc., visando obter informações sobre manutenção de fluxo luminoso e alteração da cromaticidade em função do tempo sob determinadas condições de temperatura e corrente.

Antes da introdução da LM-80-08, eram frequentes informações desencontradas sobre a vida útil dos Leds, principalmente, quanto à manutenção real do fluxo inicial com o tempo, pois este fator é dependente das condições nas quais os Leds são utilizados.

Sabemos que, dependendo do valor da corrente elétrica e da temperatura de operação do Led, podemos ter diferentes valores de manutenção de fluxo com o tempo. No entanto, como não existia um critério de testes, os fabricantes utilizavam critérios próprios que não necessariamente eram comuns a todos, induzindo, desta maneira, resultados diferentes, fazendo com que o usuário ficasse sem uma referência precisa.

Com base neste fato, a IESNA preparou o documento LM-80-08 (que não é norma) definindo parâmetros de testes específicos com o objetivo de padronizar as condições de teste. Os resultados obtidos são apresentados por meio de relatórios facilitando o processo de comparação a ser feito pelo usuário do Led. Em suma, “deixando todos na mesma página”, evitando, com isso, eventuais confusões na interpretação dos resultados.

De acordo com o teste da LM80-08 e dos cálculos da extrapolação dos dados obtidos através da utilização da TM21-11 (ambas da IESNA), temos como especificar qual é o tempo em horas no qual teremos a manutenção de 70% do fluxo original.

Em função das condições do teste (corrente elétrica e temperatura de operação) teremos diferentes resultados com relação ao tempo para o qual atingiremos o valor de L70. Quanto mais o Led estiver operando em temperaturas próximas à temperatura de junção, menor será a manutenção de fluxo.

Por outro lado, nem todos os Leds apresentam o mesmo comportamento com relação à expectativa de vida. Em função disso, devemos sempre analisar os resultados dos testes da LM80-08 e nunca assumir que Leds de diferentes fabricantes tenham o mesmo desempenho.

Eis algumas características constantes na LM-80-08:

- Os fabricantes de Leds devem fazer testes

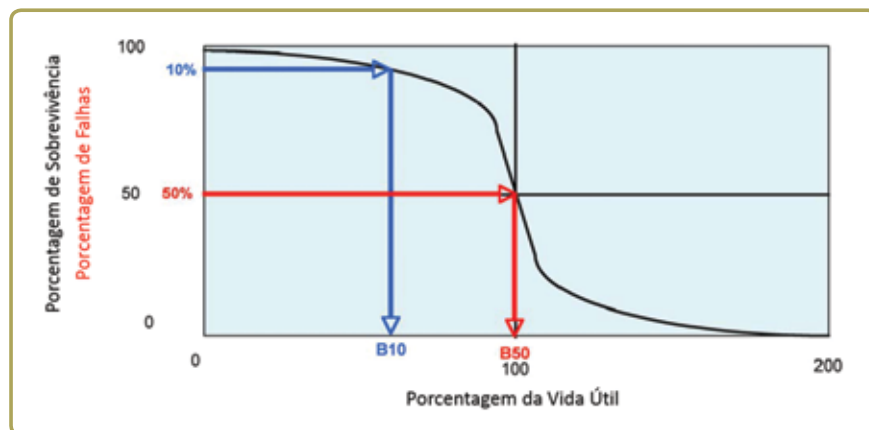


Figura 2 – Representação gráfica do modo de falhas de uma fonte de luz.

específicos para cada tipo ou família de produtos e também devem observar os valores de temperatura de cores. Somente em casos excepcionais, os testes podem ser estendidos para outras famílias consideradas similares;

- Nos testes, normalmente, devem ser utilizadas 20 amostras no mínimo;
- O tempo de teste mínimo deve ser de 6.000 horas, sendo que as medições de fluxo, as coordenadas de cromaticidade e tensão direta devem ser feitas a cada 1.000 horas de teste;
- A medição de temperatura de corpo do Led (TS) deve ser feita através da utilização de termopares e no ponto indicado pelo fabricante do Led pelo motivo de que cada encapsulamento tem seu ponto de medida de TS específico;
- A LM-80-08 especifica dois valores de temperatura de teste, 55°C, 85°C e uma terceira temperatura que fica a critério do fabricante;
- A temperatura ambiente do teste deve variar, no máximo, 5 °C para cima e para baixo da temperatura TS a fim de garantir que não exista nenhuma influência do ambiente no resultado dos testes;
- O fabricante tem que especificar os valores das correntes elétricas utilizadas nos testes.

Após a realização dos testes, o fabricante disponibiliza relatórios com todas as condições utilizadas nos testes e os resultados das medições obtidas. Na Figura 3, é apresentado um exemplo do relatório com as medidas realizadas.

Na Figura 3, notamos que o teste foi realizado em quatro temperaturas diferentes e no valor de corrente de 500 mA. Notamos também que o fabricante em questão continuou o teste até 9.000 horas, o que acrescenta maior confiabilidade aos resultados.

Neste ponto, já estamos aptos a calcular a expectativa da manutenção de fluxo e, para isto, teremos que utilizar a TM-21-11, que é um memorando técnico que especifica como se deve extrapolar os resultados da LM-80-08 para além do tempo do teste realizado. Como os Leds são fontes de luz com alta vida útil, nos baseamos nos testes da LM-80-08 e, através de uma extrapolação matemática, calculamos o número de horas para alcançar 70% da manutenção de lúmens do Led (L70).

Para melhor entendimento, vamos analisar o gráfico apresentado na Figura 4, em que temos os valores das medidas do fluxo luminoso feitas até 10.000 horas, para testes realizados em quatro valores de temperaturas e

a extrapolação realizada através da TM-21-11.

No gráfico da figura 4, ao extrapolar os valores medidos até encontrarmos o ponto de 70% do fluxo, constatamos que o tempo para que isto aconteça é muito alto, portanto, teoricamente, poderíamos dizer que o Led irá manter 70% ou perder 30% do fluxo original em um período bem acima de 100.000 horas. Como esta extrapolação é feita através de um cálculo matemático e passível de erros, a TM-21-11 estipula, como garantia máxima da manutenção do fluxo, seis vezes o tempo de teste. Neste caso, como o tempo de teste é de 10.000 horas, podemos garantir somente 60.000 horas (10.000 x 6) para a manutenção de 70% do fluxo original (L70) independentemente do fato de termos obtido um tempo maior com a extrapolação.

Portanto, o termo L70(10K) > 60.000 horas significa que a expectativa de manutenção de fluxo em 70% para 10.000 horas de teste é de 60.000 horas.

É importante considerar que no exemplo de 60.000 horas de manutenção de fluxo, estamos falando somente dos Leds sem considerar os outros componentes da luminária que normalmente apresentam vida útil bem menor. Devemos entender que a manutenção de fluxo é somente um

		Normalized Flux																		
		0	24	168	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	alpha	B	r2	L70	
DATA SET 51 T _s = T _{amb} = 120C	median =	1.0000	0.9963	0.9976	1.0105	1.0238	1.0378	1.0395	1.0417	1.0385	1.0147	1.0184	1.0258	1.0284						
	average =	1.0000	0.9963	0.9982	1.0113	1.0252	1.0389	1.0398	1.0433	1.0343	1.0137	1.0157	1.0212	1.0266	3.3407E-06	1.0483	0.318	120,878		
	st dev =	0.0000	0.0047	0.0047	0.0061	0.0072	0.0103	0.0130	0.0124	0.0129	0.0128	0.0132	0.0129	0.0121				TM-21 L70(9k) > 54,000		
	min =	1.0000	0.9908	0.9919	1.0030	1.0156	1.0240	1.0201	1.0222	1.0023	0.9846	0.9869	0.9921	1.0001						
	max =	1.0000	1.0158	1.0168	1.0331	1.0483	1.0699	1.0782	1.0691	1.0545	1.0377	1.0366	1.0393	1.0455						
DATA SET 52 T _s = T _{amb} = 105C	median =	1.0000	0.9955	0.9973	1.0070	1.0172	1.0251	1.0267	1.0344	1.0330	1.0208	1.0240	1.0365	1.0432						
	average =	1.0000	0.9955	0.9973	1.0084	1.0177	1.0263	1.0274	1.0345	1.0336	1.0230	1.0253	1.0383	1.0449	-1.8899E-06	1.0206	0.201	-199,520		
	st dev =	0.0000	0.0028	0.0031	0.0046	0.0048	0.0045	0.0048	0.0048	0.0049	0.0059	0.0069	0.0085	0.0097				TM-21 L70(9k) > 54,000		
	min =	1.0000	0.9890	0.9881	1.0023	1.0118	1.0203	1.0196	1.0255	1.0258	1.0111	1.0088	1.0189	1.0209						
	max =	1.0000	1.0006	1.0023	1.0188	1.0279	1.0366	1.0377	1.0448	1.0443	1.0364	1.0373	1.0536	1.0600						
DATA SET 53 T _s = T _{amb} = 85C	median =	1.0000	0.9890	0.9847	1.0080	1.0094	1.0108	1.0122	1.0107	1.0094	1.0080	1.0052	1.0084	1.0068						
	average =	1.0000	0.9891	0.9846	1.0082	1.0098	1.0107	1.0127	1.0102	1.0097	1.0084	1.0055	1.0082	1.0074	6.1160E-07	1.0122	0.475	603,077		
	st dev =	0.0000	0.0032	0.0041	0.0046	0.0040	0.0051	0.0048	0.0059	0.0057	0.0066	0.0064	0.0065	0.0063				TM-21 L70(9k) > 54,000		
	min =	1.0000	0.9812	0.9781	0.9995	1.0002	0.9987	1.0006	0.9961	0.9942	0.9917	0.9895	0.9926	0.9927						
	max =	1.0000	0.9948	0.9952	1.0203	1.0171	1.0189	1.0204	1.0188	1.0185	1.0179	1.0144	1.0174	1.0169						
DATA SET 54 T _s = T _{amb} = 55C	median =	1.0000	0.9859	0.9828	1.0036	1.0048	1.0049	1.0071	1.0054	1.0048	1.0030	0.9988	1.0035	1.0030						
	average =	1.0000	0.9864	0.9827	1.0051	1.0062	1.0063	1.0084	1.0068	1.0020	1.0045	1.0003	1.0045	1.0041	2.8084E-07	1.0055	0.055	1,289,606		
	st dev =	0.0000	0.0052	0.0050	0.0062	0.0072	0.0063	0.0066	0.0058	0.0120	0.0069	0.0069	0.0065	0.0060				TM-21 L70(9k) > 54,000		
	min =	1.0000	0.9761	0.9747	0.9960	0.9870	0.9965	0.9958	0.9963	0.9781	0.9935	0.9892	0.9936	0.9931						
	max =	1.0000	0.9981	0.9946	1.0195	1.0231	1.0218	1.0247	1.0216	1.0225	1.0193	1.0163	1.0194	1.0201						
DATA SET 51 T _s = T _{amb} = 120C	Delta u' v'		0	24	168	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000				
	median =	0.0000	0.0001	0.0002	0.0004	0.0004	0.0009	0.0012	0.0015	0.0016	0.0015	0.0039	0.0043	0.0041						
	average =	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004	0.0006	0.0011	0.0013	0.0015	0.0016	0.0015	0.0040	0.0043	0.0042						
	st dev =	0.0000	0.0001	0.0004	0.0002	0.0004	0.0006	0.0007	0.0007	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005						
	min =	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0006	0.0006	0.0008	0.0009	0.0033	0.0034	0.0032						
max =	0.0000	0.0008	0.0011	0.0009	0.0014	0.0023	0.0027	0.0027	0.0026	0.0024	0.0050	0.0054	0.0053							

Figura 3 – Exemplo de uma folha do relatório LM-80-08.