

Manual de boas práticas de fabricação de
LUMINÁRIAS LED

SETORIAL DE ILUMINAÇÃO
COMERCIAL, INDUSTRIAL E DECORATIVA

1ª edição

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
2	PARTES DE UMA LUMINÁRIAS LED E SUAS FUNÇÕES	4 – 7
3	TESTE DE QUALIDADE PROCESSO	8 – 10
4	INFRAESTRUTURA PARA SETOR DE MONTAGEM DE LUMINÁRIAS	11 – 13
5	MÓDULOS LED	14 – 15
6	DRIVERS	16 – 21
7	PROJETO DE MODULOS LED	22 – 23
	7.1 Tipos de LED	24
	7.2 Tensões e Correntes dos LEDs	25
	7.3 Binagem de LEDs	26 – 29
	7.4 Formas de conexão	30
	7.5 Expectativa de Vida dos LEDs	31 – 32
	7.6 Definição de correntes e temperaturas	32
	7.7 Medições de Temperatura	33
8	FABRICAÇÃO DOS MÓDULOS DE LED	34 – 35
	8.1 Aplicação pasta de solda	36 – 37
	8.2 Processo de Inserção	38 – 39
	8.3 Soldagem	40 – 41
	8.4 Depanelização	42
9	MANUSEIO E ARMAZENAMENTO DE LEDS E MÓDULOS	43 – 44
	9.1 Embalagens ESD	45
	9.2 Cuidados manuseio de LEDs e Módulos	46 – 47
10	IDENTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE DOS MÓDULOS DE LED	48 – 49
11	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO DA IEC	50 – 51

1

Introdução

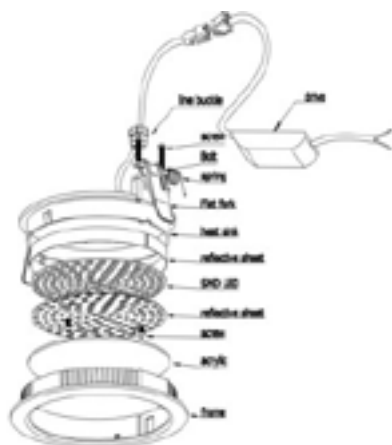
Este manual serve como orientação aos fabricantes de luminárias LED no processo de desenvolvimento e fabricação de uma luminária LED. Como qualquer produto eletroeletrônico, a luminária LED precisa de cuidados e controles específicos para que cumpra com o desempenho esperado e garanta seu pleno funcionamento durante sua vida útil.

IMPORTANTE: todos os títulos do sumário e links descritos estão programados, basta passar o mouse e clicar que automaticamente será redirecionado.

2

Partes de uma luminária LED e suas funções

O desenvolvimento de um produto com tecnologia LED demanda atenção aos componentes que deverão ser utilizados para um funcionamento ideal, garantindo seu desempenho e confiabilidade.



◇ MÓDULOS LED

Consistem em uma solução com chips de LED montados sobre uma placa de circuito impresso, dotada de contatos



elétricos e fixações mecânicas, pronta para ser aplicada em uma luminária. Para sua aplicação correta, deve-se atentar as especificações como: IRC, CCT, SDCM, LM80 e vida útil do módulo.

◇ ÓPTICAS

As lentes, refletores ou difusores são utilizados para o melhor aproveitamento, direcionamento e controle da luz provenientes de módulos LED.



A qualidade destes componentes influencia diretamente na qualidade do fecho de luz e eficiência da luminária. Interfere também na durabilidade, alteração da cor e depreciação mais lenta ou mais acelerada de acordo com

a alteração de sua transparência e/ou reflexão.



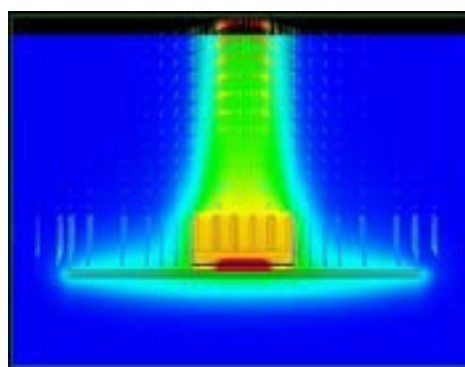
DISSIPAÇÃO DE CALOR

A performance e a qualidade de luz da luminária LED estão totalmente atreladas ao controle de temperatura de funcionamento dela. Para este controle é indicado o uso de dissipadores de calor (módulos de LED de alta potência) ou a própria estrutura metálica da luminária trabalha com a dissipação deste calor (módulos de LED mid power).



Apesar das luminárias LED não irradiarem muito calor para o ambiente, seus componentes eletrônicos geram calor e possuem limites para o funcionamento

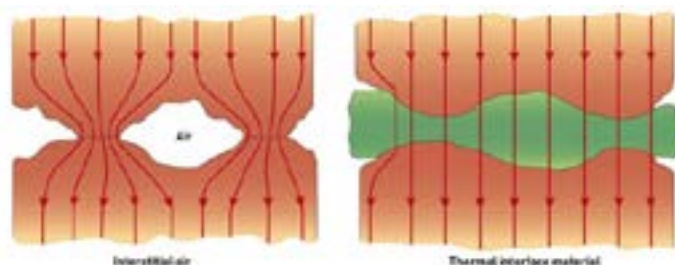
correto. O sobreaquecimento do módulo de LED reduz drasticamente sua vida útil, além de interferir na consistência de cor durante seu funcionamento. Já o uso em temperaturas abaixo do especificado pelo fabricante do LED, aumenta sua vida.



1 - Mediante validação por meio de testes de temperatura conforme instruções do fabricante do módulo LED.

INTERFACE TÉRMICA (TIM)

A eficiente troca de calor entre os módulos de LED e o dissipador depende da qualidade do contato entre suas superfícies. Nos módulos de alta potência é recomendável, dependendo do projeto, o uso de interfaces térmicas entre o módulo e o dissipador para preencher eventuais imperfeições nas superfícies e garantir a maior troca de calor possível.



DRIVER LED

O driver de LED é o dispositivo responsável por transformar a energia proveniente da rede elétrica em uma energia com tensão e/ou corrente controladas para que possa alimentar os LEDs. Na maioria dos casos, os Drivers convertem a tensão alternada, sendo no Brasil os valores oficiais 127/220V (60Hz), para tensão e corrente contínua (DC) controladas para garantir a melhor eficiência e durabilidade dos LEDs.

Os Drivers são os dispositivos que estão expostos a toda a variação de tensão e surtos provenientes da rede elétrica, assim devem possuir componentes próprios para garantir que estas condições não afetem os LEDs e não danifiquem o próprio driver. Estes dispositivos podem contar com diversos tipos de proteção como: sobrecorrente, sobretensão, surto de tensão, sobreaquecimento, sobrecarga, carga em circuito aberto, dentre outros.

No Item 6 são apresentados mais detalhes destes dispositivos.



Exemplos de Drive de Led

3

Testes de qualidade no processo

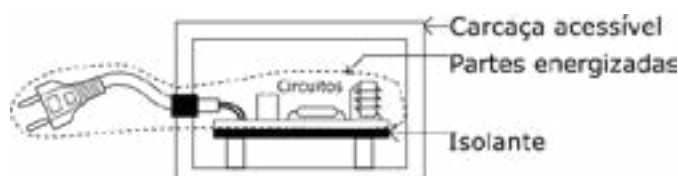
Testes elétricos
("HIPOT" / continuidade de
aterramento)

Os ensaios feitos como o “HIPOT” são ensaios não destrutivos ou destrutivos que têm o objetivo de verificar a qualidade de um isolante elétrico (um material isolante ou a isolação elétrica de um equipamento elétrico/eletrônico).

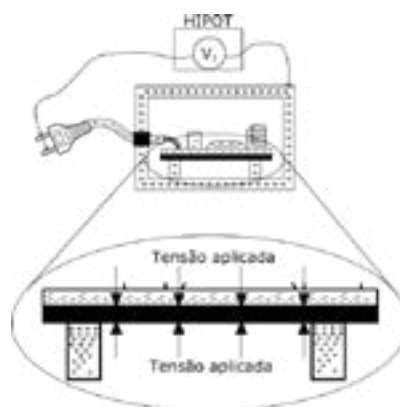
Um material isolante elétrico é um material cuja condutibilidade elétrica é muito baixa e, assim sendo, a corrente elétrica praticamente não flui por ele. Exemplos de isolantes elétricos são: plásticos, borrachas, papéis, cerâmicas e ar. Os diferentes isolantes têm propriedades diferentes e capacidade de isolação diferentes. Cada material tem a capacidade de suportar até um certo valor de tensão, e se esse valor for ultrapassado o material deixa de atuar como isolante e começa a permitir a passagem de uma quantidade significativa de corrente elétrica. À essa tensão na qual a capacidade de isolação do material é perdida dá-se o nome de rigidez dielétrica do material.

Este teste que deve ser aplicado na fase do desenvolvimento do produto, assim como em lotes de produção para atestar sua efetividade. Em equipamentos elétricos / eletrônicos o ensaio é feito normalmente entre as partes energizadas do equipamento e as partes acessíveis. As partes energizadas devem estar

isoladas das partes acessíveis com uma isolação apropriada para garantir que o operador do equipamento não irá sofrer um choque.



Ao aplicar uma alta tensão entre as partes energizadas e as partes acessíveis de um equipamento, o “HIPOT” testa as isolações que separam essas duas partes. Se houver passagem de corrente de uma parte para outra, significa que a isolação não é adequada.

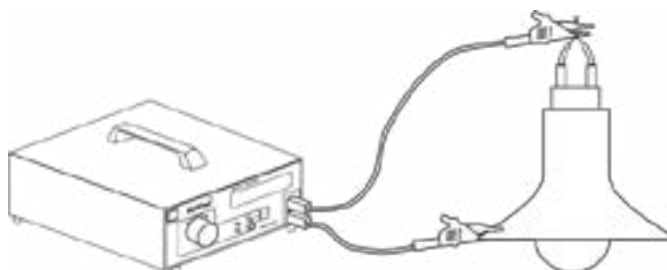


◇ COMO EFETUAR O TESTE:

O ensaio de “HIPOT” pode ser resumido em quatro passos:

1. Ajustar a tensão e corrente máxima de fuga do ensaio no equipamento “HIPOT”.
2. Ligar os terminais de aplicação de tensão do “HIPOT” no equipamento/ isolante sob teste.
3. Ativar o “HIPOT” para aplicar a tensão e monitorar corrente.
4. Aguardar o tempo de ensaio e analisar o resultado.

Ao lado apresentamos algumas figuras ilustrativas onde são mostradas formas de se usar o “HIPOT” para testes de diversos equipamentos e produtos.



Equipamentos para teste HIPOT



<http://equipamentos.entran.com.br/hg371/>

Instruções mais detalhadas dos ensaios podem ser encontradas em:

www.segurancaeletrica.com.br

4

Infraestrutura para setor de montagem de luminárias LED

MANUSEIO DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Um dos principais cuidados que a indústria precisa tomar é o controle de descarga eletrostática (ESD) nos componentes eletrônicos. Estática é o acúmulo de carga entre duas superfícies, que surge quando as superfícies se esfregam, resultando em um excesso de elétrons em uma superfície e uma deficiência na outra.

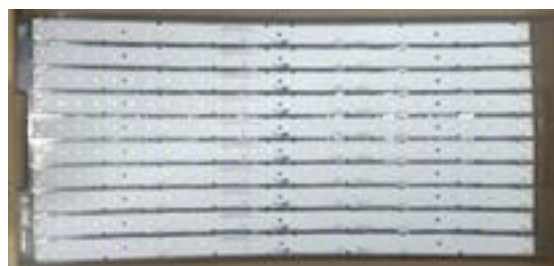
A descarga eletrostática é a transferência indesejada ou involuntária desta carga sobre o objeto, que pode causar um impacto bastante negativo no componente que está sendo manuseado, como “dielectric breakdown”, “thermal breakdown”, e falhas que apenas serão descobertas mais tarde comprometendo a garantia prometida ao cliente.

A fim de controlar esta variável, o uso de equipamentos e controles no processo são imprescindíveis, conforme detalhado a seguir.

plástico bolha antiestático e sacos plásticos antiestáticos.



Bandeja EPE



Bandejas plásticas



Plástico bolha antiestático

MOVIMENTAÇÃO INTERNA

Ao transportar os módulos de LED internamente na empresa, os mesmos devem ser mantidos em embalagens apropriadas, a fim de não sofrerem danos mecânicos ou de descarga eletrostática, como bandejas EPE, bandejas plásticas,

◊ INFRAESTRUTURA DE MONTAGEM

A área de montagem, com manuseio de componentes eletrônicos, requer controles e cuidados na infraestrutura e nos equipamentos a fim de evitar descargas eletrostáticas. O ponto inicial é a delimitação do ambiente e controle de acesso com teste de continuidade para todos os que forem trabalhar no espaço.



Delimitação de espaço controlado- ESD



Estação de teste de aterramento - ESD

Além dos controles de acesso, todas as bancadas de montagem precisam estar aterradas ou possuir mantas de bancada antiestáticas e os funcionários deverão utilizar luvas, pulseiras, jalecos e sapatos antiestáticos.



Jaleco antiestático



Pulseira antiestática



Calçado antiestático



Luva antiestática



Exemplo de área controlada ESD
http://jpantistatic.com/knowledge_esd_basic.html

5

MÓDULOS LED

Os módulos de LED são a base da maioria das luminárias de LED, sendo que consistem em uma solução de LEDs montados sobre uma placa de circuito impresso, dotada de contatos elétricos e furações para fixações mecânicas, prontos para serem aplicados em uma luminária.

Os módulos podem ser construídos com as mais diversas formas, tipos de placas, potências, tipos de LED, quantidades de LED, uso ou não de óticas, dentre outras

variações. Algumas características são básicas para o correto projeto ou especificação dos módulos de LEDs para uso nas luminárias, sendo que dentre elas é fundamental a definição das grandezas luminotécnicas (fluxo luminoso, índice de reprodução de cores, temperatura de cor correlata, eficácia, etc.), critérios de durabilidade (temperatura de operação, expectativa de vida, etc.) e definições mecânicas (tamanhos, sistema de fixação, etc.).



Exemplo de Módulos de LED

6

DRIVERS

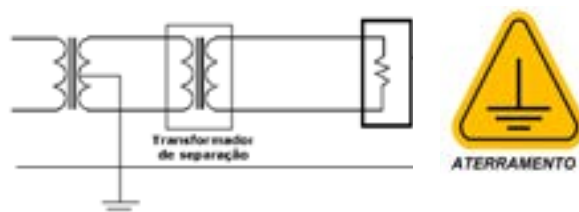
TIPOS DE DRIVERS

Os Drivers normalmente se dividem em dois grupos: Drivers de tensão constante e Drivers de corrente constante.

Os drivers de tensão normalmente operam mantendo a tensão de saída constante em 12 ou 24VDC e a aplicação mais comum é o seu uso em fitas de LED ou luminárias para áreas molhadas, onde é necessário o uso de baixa tensão devido à segurança. Estes dispositivos mantêm a tensão fixa na saída e sua aplicação requer uso de um sistema de controle de corrente auxiliar.

Os Drivers de correntes são os modelos mais comumente utilizados em luminárias e lâmpadas de LED que necessitam maior eficácia, uma vez que possuem melhor eficiência energética e o controle de corrente é realizado diretamente no Driver.

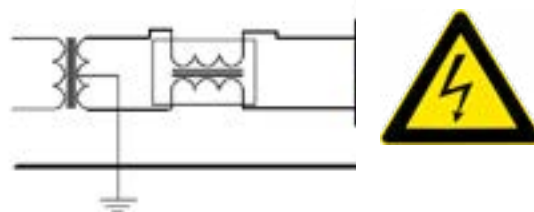
produto. Caso o usuário toque nos LEDs e esteja em contato com uma superfície aterrada, não haverá caminho elétrico e, conseqüentemente não haverá choque elétrico.



No modelo não isolado não existe esta isolamento, assim a tensão da rede fica eletricamente conectada a carga, exigindo que a luminária possua uma melhor isolamento entre os LEDs e o corpo da luminária. Nesse caso existe um caminho direto entre a entrada e a saída, assim se o usuário estiver em contato com o terra e tocar nos LEDs, ocorrerá risco de choque elétrico.

CONSTRUÇÃO DOS DRIVERS (ISOLADO X NÃO ISOLADO)

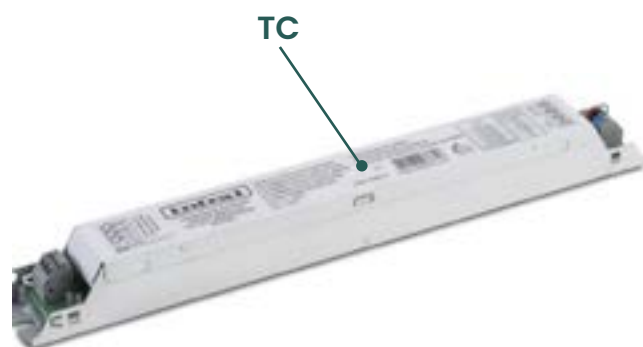
Os Drivers possuem duas formas básicas de construção elétrica, sendo modelos isolados e não isolados. Os modelos isolados possuem um elemento que realiza a separação galvânica entre a saída e a entrada (ex: transformador), o que permite uma maior segurança ao



◇ EXPECTATIVA DE VIDA

Um dos principais pontos de atenção no desenvolvimento das luminárias de LED é a avaliação da expectativa de vida dos Drivers. De forma similar aos LEDs, os drivers possuem uma expectativa de vida que está inversamente relacionada com a sua temperatura de operação. Ou seja, quanto maior a temperatura onde o driver está instalado, menor será a expectativa de vida do mesmo.

A expectativa de vida é dada pelo fabricante do Driver sempre em função desta temperatura e esta deve sempre ser verificada na etapa de projeto da luminária. Para realizar esta análise devem ser coletadas as informações no catálogo do fabricante do driver, sendo

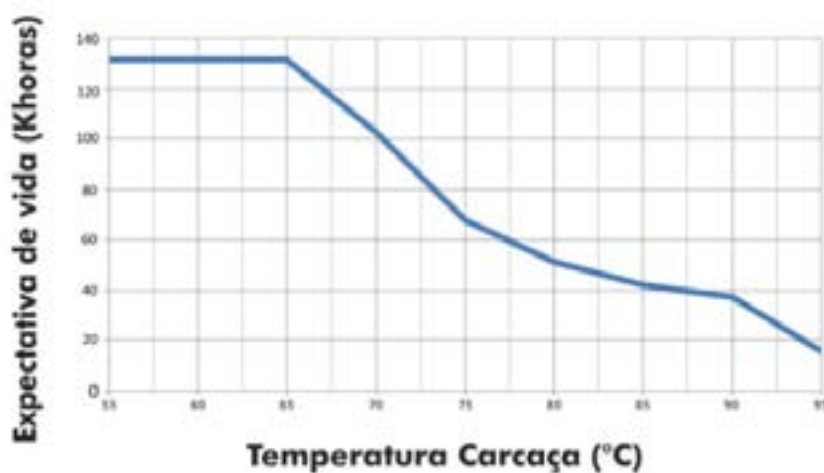


Driver – indicador TC

que normalmente a expectativa de vida é dada em função da temperatura de carcaça (tc).

A temperatura de operação do driver, já na aplicação final e dentro da luminária, deve ser realizada através de um termopar fixado no ponto sobre o driver indicado com a sigla "tc", sendo que esta jamais deve ultrapassar a máxima temperatura indicada pelo fabricante.

A temperatura medida na carcaça do driver deve ser utilizada para determinação da expectativa de vida juntamente com os dados do fabricante. Normalmente essa informação é dada através de um gráfico que traz esta relação, como o apresentado no exemplo abaixo.



DIMERIZAÇÃO

Os Drivers também podem ser do tipo dimerizável, quando permitem que o usuário possa controlar o fluxo luminoso de saída da luminária. Os tipos de dimerização mais comuns são:

A Dimerização por corte de fase;

Nesse caso são usados dimers de controle de fase que alteram a tensão de entrada do driver e este converte esta alteração em uma variação na corrente ou tensão de saída. Normalmente é usado em sistemas de dimerização mais simples para fitas de LED ou lâmpadas LED. Normalmente este controle é feito através de dimmers tradicionais (com “triac”).

B Dimerização analógica (1-10V/0-10V);

A dimerização do tipo 0-10V é uma das mais comuns utilizada nos drivers para luminárias de LED. Nesse caso o driver precisa ter um par de cabos para receber o sinal analógico entre 0-10V e controlará a tensão ou corrente de saída proporcionalmente ao nível do sinal que irá receber. Para este controle é necessário o uso de dimmers com saída de sinal de 0-10V ou dispositivos de automação que gerem este tipo de sinal.

C Dimerização Digital;

PWM:

O sistema PWM é similar ao 0-10V,

entretanto, ao invés do driver receber um sinal analógico entre 0-10V, ele receberá um sinal com largura de pulso variável e é esta largura do pulso que irá representar o nível de controle que o driver deverá aplicar na saída.

DALI:

O sistema DALI é um sistema inteligente onde é possível realizar o completo gerenciamento do Driver. Nesse sistema, cada driver de uma instalação recebe um endereço e o sistema de automação será capaz de realizar o controle dos dispositivos de forma individual.

◆ APLICAÇÃO DOS DRIVERS EM LUMINÁRIAS

A correta aplicação dos drivers nas luminárias depende da análise das características básicas dispostas acima, sendo que os pontos principais a serem verificados são:

- **Tipo do Driver:** Definição sobre a aplicação de driver de tensão ou driver de corrente;

- **Corrente de Saída:** Definição da corrente de saída do driver em função dos limites de corrente admissíveis pelos LEDs, sempre tomando o cuidado com as relações série-paralelo que podem ser feitas nos módulos.

- **Tensão de Saída:** Definição do nível de tensão de saída dos Drivers em função da tensão equivalente dos LEDs ou módulos de LED. Deve-se sempre atentar para as variações de tensão que os LEDs podem apresentar, as quais podem variar com o nível de corrente aplicado, temperatura de operação e binagem do LED, sendo que estas variações devem ser consideradas para a correta escolha da tensão de saída do Driver.

- **Classe de isolamento do Driver:** Escolha entre driver do tipo isolado ou não isolado,

dependendo da classe de segurança e aplicabilidade da luminária. Quando for usado Driver não isolado, é recomendado que a luminária passe pelo teste de Rigidez Dielétrica, para garantir a correta isolamento entre os cabos de entrada e o corpo da luminária.

- **Fator de Potência:** O fator de potência do driver reproduzirá o fator de potência das luminárias, logo deverá ser escolhido com base nos requisitos necessários pela especificação da luminária. No caso de luminárias ou lâmpadas que não possuem regulamentos próprios, é sempre recomendado que sejam utilizados drivers de alto fator de potência ($>0,92$), sempre quando a potência total da luminária for acima de 25W.

- **Eficiência:** A eficiência do driver representa o quanto de perdas elétricas este driver possui, e está ligada diretamente à eficácia total da luminária, logo, drivers com alta eficiência (%) auxiliarão no desenvolvimento de luminárias ou lâmpadas de alta eficácia (lm/W). Em geral, a eficiência dos drivers comerciais está entre 85% e 90%.

•**Grau de Proteção (IP“XY”)**: é um padrão definido pela norma ABNT NBR IEC 60529 que especifica o nível de proteção provido pelo invólucro contra principalmente o ingresso de poeira e água, sendo que o primeiro dígito “X” determina o grau de proteção para poeira e o segundo dígito “Y” determina o grau de proteção para água e umidade. Em ambos os dígitos, quanto maior seu valor numérico, por consequência maior também é a proteção contra o ingresso do respectivo elemento. Este parâmetro é especialmente importante nos drivers quando a luminária não contempla esta proteção.

7

Projeto de módulos LED



Para o projeto de módulos de LED o projetista precisa ter cuidado em relação a vários aspectos dentre eles, os mais importantes são:

7.1 TIPO DO LED

7.2 CORRENTES E TENSÕES

7.3 FORMAS DE CONEXÃO

7.4 TONALIDADE DE COR DO LED

7.5 DEFINIÇÃO DAS CORRENTES E TEMPERATURA

Tipos de LED

Basicamente, os LEDs podem ser divididos em quatro grupos: baixa potência, média potência, alta potência e os COBs. Os LEDs de baixa potência normalmente possuem potências de até 0,5W e normalmente são usados em lâmpadas de LED e luminárias internas que necessitam de iluminação distribuída sem a necessidade de lentes. Os LEDs conhecidos como de média potência, normalmente tem potência de até 1,5W e são utilizados em aplicações similares às dos LEDs de baixa potência, sendo também usados em algumas aplicações com lentes colimadoras.

Os LEDs de alta potência, que possuem potências maiores que 1,5W, são normalmente usados em luminárias onde há necessidade de alta concentração de potência em uma pequena área. Já os LEDs COBs (Chip on Board) apresentam potências bem mais elevadas podendo ter valores acima de 100W por “conjunto” LED. Estes modelos normalmente são

utilizados diretamente nos dissipadores e não necessitam de montagem em placas de circuito impresso.

2835



3014



3528



**High Power
C3535**



EMC 3535



5730



COB LB019



Tensões e Correntes dos LEDs

Dependendo do tipo de LED utilizado existem diferentes combinações de tensões diretas (V_f) e correntes. De forma simplificada, as tensões dos LEDs normalmente são múltiplas de 3V, e estão relacionadas com a quantidade de junções PN que existem na construção de cada LED, bem como com a forma de conexão entre elas. Normalmente as tensões nominais padrão são próximas a 3V, 6V, 9V e demais múltiplos.

Já as correntes máximas que cada LED suporta estão relacionadas com sua

construção e com os limites de potência que cada um pode dissipar, bem como com a sua temperatura de operação. Logo, para a escolha do tipo de LED, o projetista deve atentar para estas características. Dependendo do tipo de LED usado e as correntes de drivers disponíveis é possível realizar diferentes arranjos de conexão em série e paralelo, para isso alguns cuidados devem ser tomados para garantir que as correntes sejam equalizadas entre os LEDs.

Binagem de LEDs

Os LEDs são separados de acordo com alguns critérios que facilitam e tornam o seu uso mais preciso. Na indústria sempre existem desvios devido ao processo de produção, portanto com o intuito de evitar grandes erros, os LEDs são agrupados em grupos com características mais próximas, conhecidos como BINs. As formas como os LEDs são classificados e separados em BINs variam de empresa para empresa, porém todos devem conter no mínimo as seguintes informações:

- FLUXO LUMINOSO
- TONALIDADE DE COR
- ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR
- TENSÃO DIRETA



Exemplo do BIN de LED da empresa Everlight

Cada fabricante segue um padrão próprio e relaciona com uma legenda em seus “datasheets”, sendo assim para descobrir quais são as particularidades de cada rolo de LEDs, estes dados devem ser cruzados com o datasheet respectivo.

7.3.1 Tonalidade da cor

Com base nos estudos da percepção humana em relação as cores, pode-se classificar as diferentes tonalidades de cores dos LEDs através de partições em paralelogramos do espaço de cores, de acordo com a norma ANSI C78 - 377. As empresas oferecem os LEDs separados de acordo com as tonalidades seguindo seus próprios critérios de separação.

Abaixo seguem na Figura 31 e na Figura 32 exemplos de separação de cores de duas empresas.

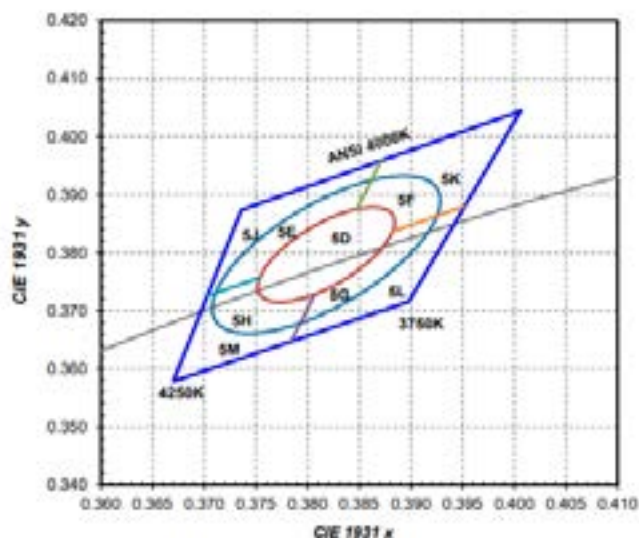


Figura 31 - Separação de BINS de Cor por elipses (Datasheet LED3030-2D - Lumileds).

que sejam percebidas diferenças de cores em uma mesma placa. Na Figura 33 é apresentada uma placa onde foram inseridos LEDs de 3000K, porém com diferentes BINS de cores.

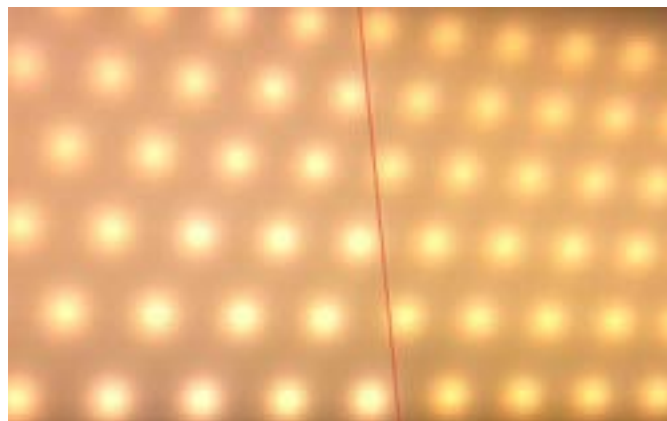


Figura 33 - Exemplo de Placa montada com LEDs 3000K com BINS de cores distintos.

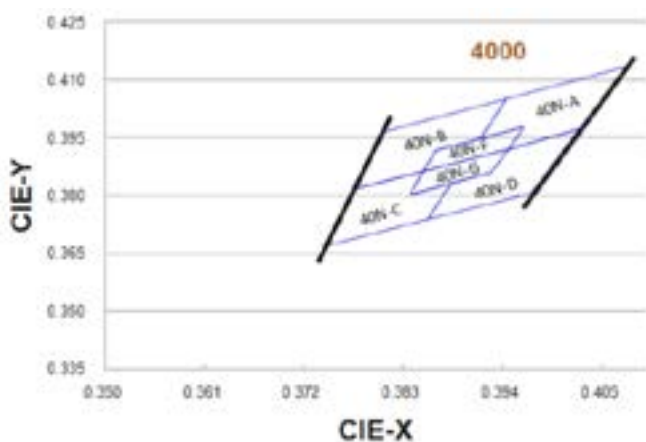


Figura 32 - Separação de BINS de Cor por paralelogramos (Datasheet 67-23ST - Everlight).

Mesmo dentro de uma mesma classe de temperatura de cor podem existir diferentes pigmentações nos LEDs, assim é importante que sejam utilizados LEDs com mesmos BINS de cores para evitar

Para evitar este tipo de problema, poderia ser utilizado apenas um BIN de cor de LED por placa. Contudo, isso nem sempre é possível, pois poderá causar a diferença de cores entre diferentes placas. Uma forma de amenizar o problema é realizando a inserção dos LEDs nas placas misturando LEDs de BINS que estejam em direções opostas. Estes LEDs devem ser colocados lado a lado, para que o resultado da tonalidade de cor final seja uniforme, quando integrada pelo olho humano.

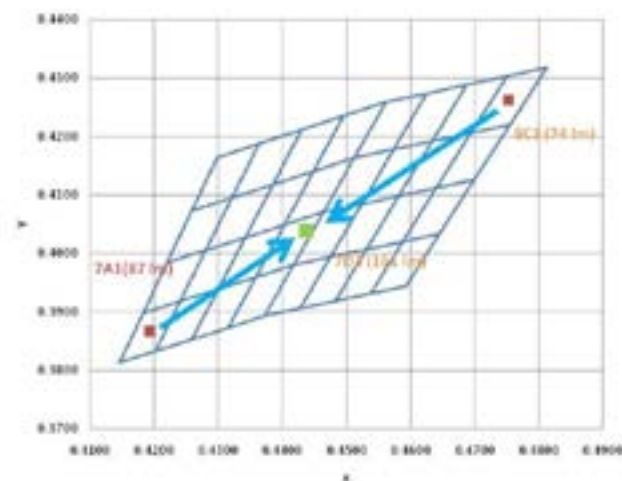


Figura 34 - Mescla de LEDs para unificação da cor (Color mixing - CREE).

7.3.2 Fluxo luminoso

O fluxo luminoso é uma métrica que define a quantidade de energia luminosa gerada por cada LED. Uma mesma família de LEDs pode apresentar diferentes níveis de fluxo luminosos e para que seja possível garantir os fluxos mínimos nas luminárias, deve ser avaliado juntamente com o

fornecedor de LEDs quais serão os BINs de fluxo a serem entregues. Para o projeto dos módulos de LED deve ser sempre considerado o fluxo luminoso mínimo entregue. Na Figura 35 é apresentada a relação com as possibilidades de fluxo luminoso para um mesmo tipo de LED.

Bin Range of Luminous Flux

Bin Code	Min.	Max.	Unit	Condition
S3A	120	125	lm	I _v =100mA
S3B	125	130		
S4A	130	135		
S4B	135	140		
S5A	140	145		
S5B	145	150		

Figura 35 - Classificação de BINS de Fluxo Luminoso de LEDs (Datasheet Everlight).

Conforme pode ser visto, nessa família pode existir uma variação de 25% entre os valores mínimos e máximos de fluxo luminoso. É importante ressaltar que os fluxos dispostos nos “datasheets” são sempre medidos em condições específicas de temperatura e corrente, logo o fluxo real resultante da aplicação deverá ser avaliado de acordo com as características do projeto.

7.3.3 Tensão direta

Os LEDs são formados por semicondutores que possuem uma junção que, juntamente com as outras partes construtivas, definem os valores da tensão direta que eles irão apresentar e como qualquer outro processo produtivo podem existir pequenas variações. Da mesma forma, como os LEDs são separados por tonalidade de cor e fluxo luminoso, são separados pelos níveis de tensão direta que apresentam. Dependendo do tipo de LED e faixa de tensão que operam, os intervalos de separação podem ser variados de acordo com os critérios de cada fabricante. Na Figura 36 é apresentado um exemplo de um fabricante que realiza a separação de um determinado tipo de LED em 3 categorias de tensão, com diferenças entre elas de 0,2V.

Forward Voltage (V _f) I _f =640mA, T _j =25°C		
Bin Code	Min.	Max.
Y8	5.8	6.0
Z0	6.0	6.2
Z2	6.2	6.4

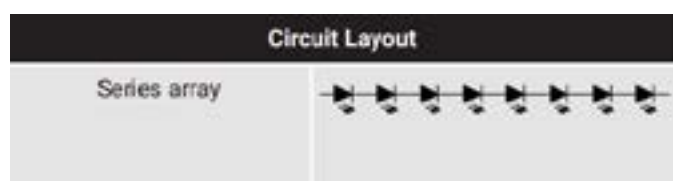
Figura 36 – Classificação de BINS de Tensão Direta de LEDS (Datasheet SEUL).

Nas aplicações dos LEDs em circuitos série, a diferença de tensões entre os LEDs fará pouco impacto, uma vez que a corrente circulante por eles será sempre a mesma. Por outro lado, em circuitos onde os LEDs estarão conectados em paralelo, ou em circuitos série-paralelo à variação da tensão dos LEDs poderá acarretar desbalanceamento de correntes entre os ramos, podendo causar falhas ou sobreaquecimento. Esse tema será visto na seção específica sobre formas de conexão.

Formas de conexão

Basicamente, os LEDs podem ser conectados entre si de três formas distintas: série, paralelo ou série-paralelo.

•**Ligação em Série:** Todos os LEDs são ligados em série, e esta sequência é conhecida com String, nesse caso a corrente no circuito é única e igual em todos eles. A tensão resultante será a soma da tensão dos LEDs. Este circuito é o mais simples e o mais seguro a ser utilizado com LEDs, uma vez que mesmo se forem colocados LEDs com tensões diferentes no mesmo circuito, a corrente entre eles permanecerá a mesma, e consequentemente terão potências muito similares.



Circuito série.

•**Ligação em Série-Paralelo:** Nesse caso existe a conexão mesclada entre LEDs em série e paralelo. Normalmente são realizados arranjos de LEDs em série, os "strings", e estes são conectados em paralelo entre si. Nesse sistema, da mesma forma que no sistema paralelo, deve-se tomar o cuidado para que a soma da tensão dos LEDs de cada "strings" seja exatamente a mesma, assim deve-se utilizar exatamente a mesma quantidade de LEDs em cada "strings". A Figura 39 apresenta um exemplo de configuração série-paralelo. Neste caso existe exatamente a mesma quantidade de LEDs nos dois "strings", sendo que também devem ser utilizados LEDs com mesmos BINs de tensão.

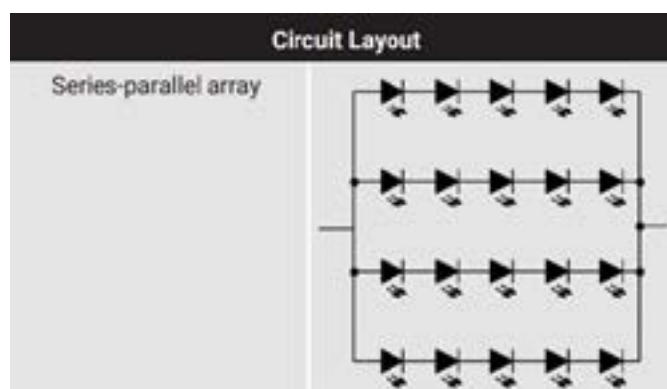


Figura 39 – Circuito Série-Paralelo correto.

Expectativa de Vida dos LEDs

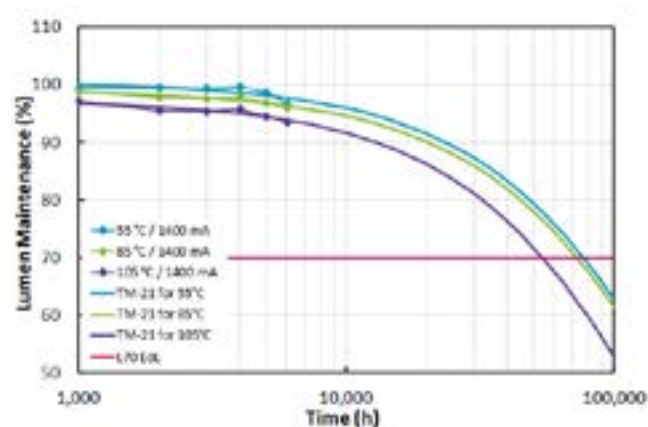
Os LEDs apresentam expectativa de vida muito superior a tecnologias de lâmpadas tradicionais, podendo ultrapassar 100.000h de operação. Como seria inviável o teste por todo o período, algumas diretrizes foram estabelecidas para a determinação da expectativa de vida destes componentes.

A IES desenvolveu um procedimento de teste para LEDs que é publicado pela norma IES LM 80. Esta publicação/procedimento especifica critérios para o ensaio de depreciação luminosa e de variação da cromaticidade dos LEDs, bem como o tamanho de amostragem, temperaturas de ensaio, umidade, variação de corrente admissível, dentre outros. O ensaio LM80 é providenciado pelo fabricante do LED, sendo que este deverá providenciá-lo ao projetista do módulo de LED.

Com os dados do relatório LM80, é então possível realizar a extrapolação para determinar o período em que ocorrerá a

redução do fluxo até os limites desejados. Esta extrapolação é realizada com base em uma norma também desenvolvida pela IES, a TM-21. Esta traz um cálculo matemático que toma como base os valores coletados no ensaio LM80 dos LEDs.

Para realizar a determinação da expectativa de vida dos Módulos de LED, o projetista deve ter além dos dados da LM80, a corrente direta aplicada aos LEDs, bem como a temperatura de operação destes LEDs na aplicação final.



Exemplo de gráfico medições LM80 e extrapolação conforme TM21.

IES – Illuminating Engineering Society of North America.

É uma comunidade dedicada a estudos sobre iluminação. É composta por diversos membros dentre os quais 25 % são fabricantes, 25 % são Lighting Designers e Arquitetos e os 50 % restantes são consultores, representantes do governo de instituições de educação dentre outros. Este comitê desenvolve normas guias de projetos, guias de teste e medições, materiais de gerenciamento de energia em iluminação, etc (IES, 2012).

deverá ser menor do que a corrente máxima disposta no datasheet.

Da mesma forma que a corrente, a temperatura de operação do LED medida em sua aplicação final, deverá ser inferior a máxima temperatura disposta no seu datasheet. Alguns componentes apresentam gráficos que relacionam a máxima corrente em relação a temperatura que ele irá operar.

Para garantir a confiabilidade e possibilitar o cálculo da expectativa de vida útil dos LEDs deve-se também avaliar a corrente e temperatura na qual o ensaio de LM80 foi realizado, sendo que, para possibilitar o cálculo da expectativa de vida através da extrapolação pelos critérios da TM 21, a corrente aplicada aos LEDs e a temperatura de operação devem ser inferiores as apresentadas no relatório LM80.

Em posse destes dados pode ser utilizada a planilha de cálculo disponibilizada no site da Energystar no link abaixo:

https://www.energystar.gov/sites/default/files/ENERGY%20STAR%20TM-21%20Calculator%20rev%2002-08-2016%20clean_1.xlsx

7.6

Definição de correntes e temperaturas

Para o correto dimensionamento dos LEDs, deve-se analisar o “datasheet” do componente escolhido e avaliar o nível máximo de corrente a ser aplicado. A corrente calculada no circuito do LED

Medições de Temperatura

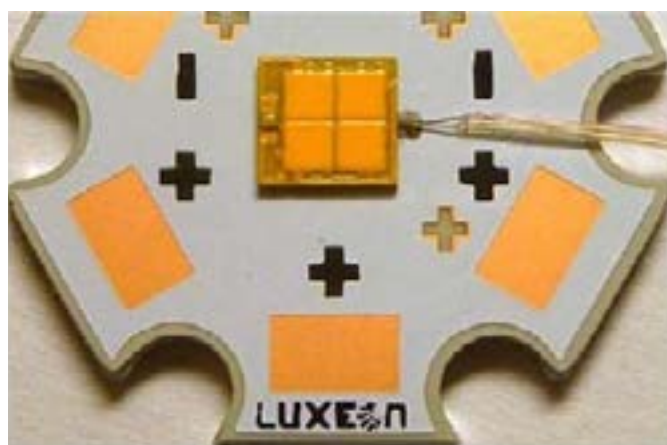
O desempenho térmico é o fator mais crítico de um sistema de iluminação LED bem projetado. Um sistema de iluminação com design térmico adequado tem maior eficácia.

A melhor forma para medir a temperatura dos LEDs é através do uso de termopares e cada termopar deve ser conectado no ponto T_s . Este ponto fica próximo ao ponto de soldagem dos LEDs, e normalmente no lado do catodo do LEDs.

Também é importante ressaltar que, para a realização da medição, a luminária deve estar completa e estar na temperatura ambiente máxima de operação, para que seja possível determinar qual será a máxima temperatura nos LEDs.

O procedimento é chamado de "In situ Temperature Measurement Test" (ISTMT) ou, em português, - teste de medição de temperatura in situ, que segue a norma ANSI / UL 1993-1999 Standard for Self-Ballasted Lamps and Lamps Adapters. Ele inclui a adição de um termopar ligado aos

LEDs encapsulados, módulos ou matrizes usadas na lâmpada integral.



Exemplo de gráfico medições LM80 e extrapolação conforme TM21.

8

Fabricação dos módulos de LEDs

Os módulos de LED são constituídos de LEDs montados em placas de circuito impresso, que normalmente possuem base de fenolite, fibras de vidro ou alumínio, com uma camada condutora de cobre, onde os componentes são aplicados.

As placas de fenolite são modelos mais baratos, entretanto, pela sua forma de construção, são susceptíveis a absorção de água, fato que pode comprometer suas características de isolamento bem como causar o empenamento ou estufamento das placas, podendo comprometer a durabilidade dos módulos.

As placas de fibra de vidro são modelos construídos com resina epóxi e fibra de vidro, que as deixam inertes a água e permitem excelentes resistência

mecânica e estabilidade dimensional. Este material é o mais utilizado para módulos de LED que não exigem alta capacidade de dissipação térmica.

As placas de substrato de metal (Metal Core PCB) são utilizadas em módulos de LEDs de alta potência que exigem alta capacidade de dissipação térmica e, normalmente, são utilizadas em conjunto com dissipadores de calor. Os metais comumente usados são cobre, alumínio e liga de aço.

Independentemente do tipo de placa utilizada, o sistema de produção é muito parecido, sendo que acontece através de um ciclo produtivo, onde as principais etapas são: aplicação pasta de solda; processo de inserção, soldagem e depanelização, que são tratadas a seguir.

Aplicação pasta de solda

Este processo consiste na aplicação da pasta de solda sobre a placa de circuito impresso, e deve ser feito por um sistema automatizado. Um dos componentes mais importantes deste processo é o gabarito metálico conhecido como estêncil. O estêncil é constituído de uma chapa metálica com pequenas aberturas, por onde a pasta de solda irá passar.

Durante o processo, um rodo espalha a pasta de solda sobre o estêncil, com velocidade e pressão controladas, e faz com que esta pasta seja depositada exatamente sobre os PADs de contato elétrico da placa de circuito impresso. Na Figura 42 é apresentada uma imagem do equipamento para aplicação da pasta de solda e do estêncil.



Figura 42 - Exemplo de gráfico medições LM80 e extrapolação conforme TM21.

Para garantir a qualidade da solda neste processo deve-se garantir que o equipamento utilizado seja compatível com os detalhes do produto a ser fabricado. Os principais parâmetros a serem controlados para a perfeita deposição da pasta são: força e velocidade dos rodos, correções de deslocamentos, velocidade de separação placa/estêncil, bem como os parâmetros de limpeza do estêncil.

O projeto do estêncil deve ser realizado seguindo as recomendações de abertura recomendada por cada fabricante para cada tipo de LED ou demais componentes eletrônicos a serem usados. É apresentado, na Figura 43, um exemplo de especificação do fabricante para a confecção do estêncil, onde pode ser visto que a abertura do estêncil deve ser ligeiramente menor do que a máscara de solda da placa. Isso fará que, no momento da inserção do componente, a pasta se conforme sobre o PAD de solda de forma uniforme, garantindo a qualidade do contato.

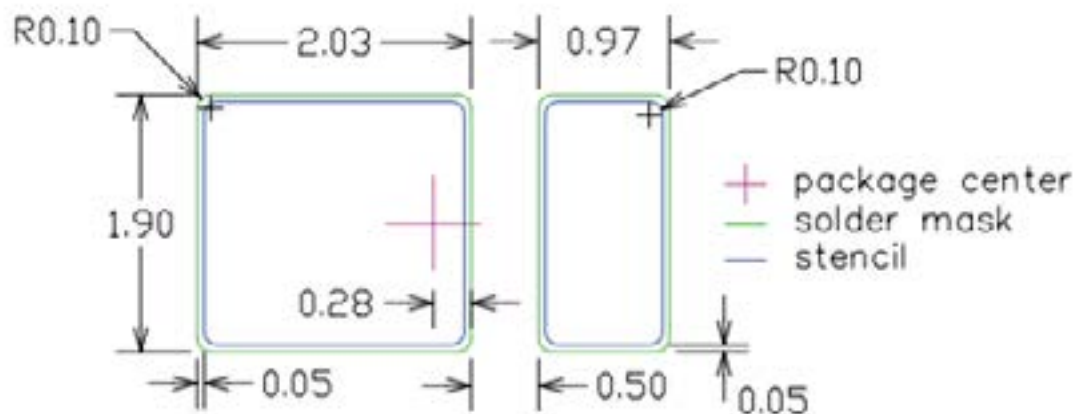


Figura 43 - Exemplo de abertura recomendada para confecção do Stencil (LUMILEDS - 2835).

Deve-se tomar cuidado também com o tipo da pasta de solda, garantindo que o modelo usado esteja de acordo com a aplicação, uma vez que existem inúmeros tipos de pastas de solda para diferentes aplicações. A limpeza periódica do

estêncil também tem caráter decisivo na qualidade da soldagem, sendo que este deve ser limpo de forma preventiva e frequente removendo todos os resíduos que se acumulam nas regiões de abertura.

Processo de Inserção

O processo de inserção é onde os LEDs serão aplicados na placa de circuito impresso propriamente dita, e deve ser realizado por equipamentos específicos para este fim, conhecidos como insersoras “Pick and Place” ou insersoras SMT – Surface-Mount Technology.

Neste processo, a insersora coleta os LEDs do rolo colocado em seu alimentador e por um sistema de coordenadas aplica-os sobre a placa de circuito impresso na posição exata, sobre os PADS já com a pasta de solda.

Na Figura 44 é apresentada a imagem de uma insersora SMT, e na Figura 45 é apresentada a parte interna de uma insersora SMT, aplicando os LEDs em uma placa de circuito impresso.



Figura 44 - Insersora SMT.



Figura 45 - Sistema pic and place, detalhe inserção.

Normalmente as insersoras colocam milhares de componentes por hora, podendo chegar próximo a 100.000 componentes por hora (CPH), e para isso trabalham com vários cabeçotes, o que remete ao uso de vários rolos de LEDs. Quando isso ocorre é imprescindível que seja tomado cuidado extra com a binagem dos LEDs, a fim de garantir que as placas mantenham a correta distribuição das cores e que as tensões dos “strings” sejam corretamente distribuídas, conforme explicado na seção de binagem de LEDs. Como existem inúmeras combinações de Bins de LED, o ideal é que a insersora possua um sistema de leitura dos códigos dos rolos de componentes e realize o bloqueio da inserção caso os rolos tenham sido alimentados em posições erradas, evitando que os LEDs sejam aplicados de forma errônea.

Para cada tipo de LED usado é imprescindível que seja utilizado o “nozzle” correto na insersora, para evitar que os componentes sejam danificados ou que a inserção não seja feita de forma precisa.



Figura 46 - LED e seu nozzle correspondente

Soldagem

A soldagem dos LEDs é a etapa posterior a inserção e deve ser realizada por um tipo de forno específico para este fim, e são conhecidos como fornos de refusão. Estes fornos são constituídos por um túnel de aquecimento, dotados de uma esteira para movimentação das placas e dividido em várias zonas de aquecimento que

são controladas independentemente. Essa separação por zonas permite que a transferência de calor para as placas seja feita de forma precisa garantindo a confiabilidade da soldagem. Na Figura 47 é apresentada a imagem de um forno de refusão.



Figura 47 - Forno de refusão

O calor deve ser transferido para a placa de circuito impresso de forma gradativa e seguindo as recomendações do fabricante dos LEDs. Em geral no datasheet dos componentes é apresentada a curva de soldagem com o detalhamento do tempo e temperaturas que os LEDs devem ser submetidos. Na Figura 48 é apresentado

um exemplo de perfil de aquecimento para a soldagem dos LEDs. Nesse perfil é possível perceber que existem tempos específicos que os LEDs devem permanecer em cada temperatura, bem como limites para rampa de subida e descida de temperaturas.

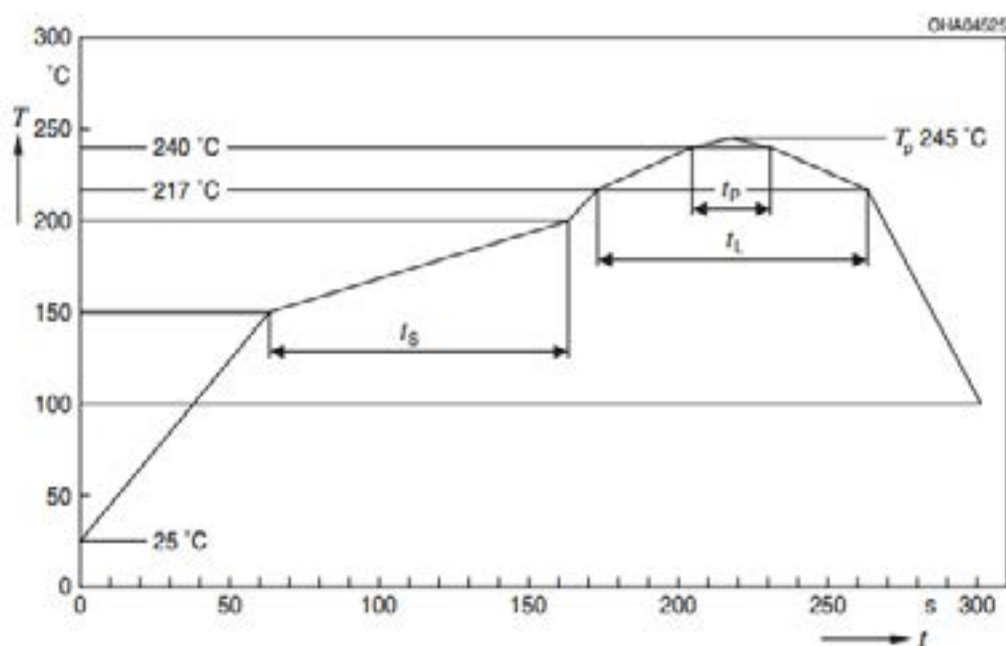


Figura 48 – Perfil térmico para soldagem dos LED (OSRAM – DURIS S5)

Depanelização

A depanelização é o processo final da fabricação dos módulos de LED, que deve ser feito por uma máquina Router ou por máquina de separação V-Cut. A realização deste processo evita empenamento da placa e reduz o manuseio, evitando o risco de toques nos LEDs.



Figura 49 - Máquina Router / Máquina V-Cut

Ao final do processo de depanelização, os módulos de LED já estão aptos a serem utilizados ou embalados.

9

Manuseio e armazenamento de LEDs e módulos

A eletricidade estática está presente no cotidiano do planeta, quando um corpo com cargas positivas ou negativas entra em contato com um corpo neutro, o corpo neutro eletriza-se com a carga de mesmo sinal do corpo que estava eletrizado, a esse processo chama-se ESD, que significa Eletrostatic discharge ou descarga eletrostática.

Este conceito é importante na manipulação dos LEDs, pois caso exista contato de um corpo energizado com os terminais dos LEDs, estes podem receber uma carga acima do suportado, podendo ocasionar danos ao produto. Portanto deve-se seguir as seguintes

recomendações na manipulação dos LEDs:

- Evitar ao máximo o contato com os LEDs, seja com os dedos ou com qualquer ferramenta;
- Para a manipulação das placas, sempre utilize suas bordas, evitando o contato com os componentes;
- Sempre utilize jalecos antiestáticos juntamente com pulseiras ou calcanheiras antiestáticas durante o processo de produção das placas de LED.
- Todos os equipamentos e bancadas do setor produtivo devem estar devidamente aterrados;



Figura 50 - Imagem ilustrativa dos cuidados relacionados a ESD

Embalagens ESD

As embalagens antiestáticas são essenciais para um armazenamento e transporte de módulos de LEDs. Na Figura 51 são apresentados dois modelos de embalagem antiestática, a da esquerda sendo um saco antiestático padrão e a da direita um saco antiestático com bolhas de ar, que auxiliam na proteção mecânica das placas de LED.



Figura 51 - embalagem de plástico antiestática

o atrito entre elas, além de protegê-las de ESD. Na Figura 52 é apresentado um exemplo de bandejas deste tipo.



Figura 52 - Bandejas ESD para módulos de LEDs

Outra opção para o transporte dos módulos é o uso de caixas e bandejas antiestáticas dedicadas para placas de LED. Nesse caso, podem ser feitas versões personalizadas que permitam a separação mecânica das placas evitando

Cuidados com o manuseio de LEDs e Módulos

Além dos cuidados com eletricidade estática, deve-se ter o cuidado com o manuseio dos componentes para que choques físicos não possam causar algum dano a eles. Quando necessária a manipulação dos componentes individualmente, a pressão mecânica deve ser realizada sempre pela lateral e pelo encapsulamento do LED, nunca pela sua parte óptica.

A Figura 53 apresenta como deve e como não deve ser realizado este manuseio com os LEDs, e na Figura 54 sobre o manuseio dos módulos.

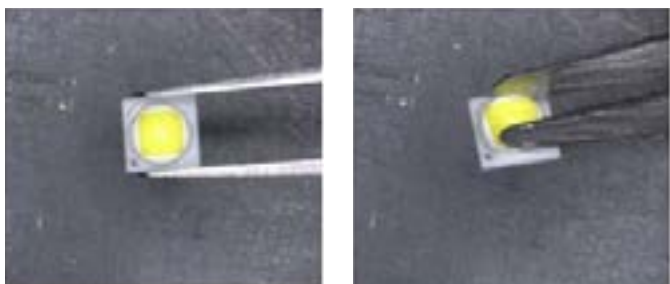


Figura 53 – Maneira correta/errada de manuseio do LED (Nichia).



Figura 54 – Maneira correta/errada de manuseio de Módulos.

Para garantir integridade dos módulos de LED, as placas devem ser embaladas nas embalagens ESD apresentadas na seção 9.1, ou em sistema de prateleiras que eliminem a possibilidade de choque mecânico entre os LEDs, conforme apresentado na Figura 55.



Figura 55 – Prateleiras ESD para armazenamento de módulos de LEDs.



10

Identificação e rastreabilidade dos módulos de LED

A identificação dos módulos de LEDs é muito importante para que as placas possam ser identificadas e rastreadas dentro do processo produtivo. Como os LEDs são muito similares fisicamente, após sua retirada da embalagem primária é muito difícil a sua identificação, e por isso é imprescindível que a informação referente ao tipo de LEDs utilizado seja aplicada aos módulos. É importante que o registro realizado

nos módulos tenha no mínimo as informações referentes ao tipo de LED usado, temperatura de cor, IRC que são as características mais difíceis de serem identificadas. Também é recomendável que seja informada a data de fabricação, bem como a tensão e correntes de operação.

Na Figura 56 é apresentado um exemplo de identificação para um módulo de LED.

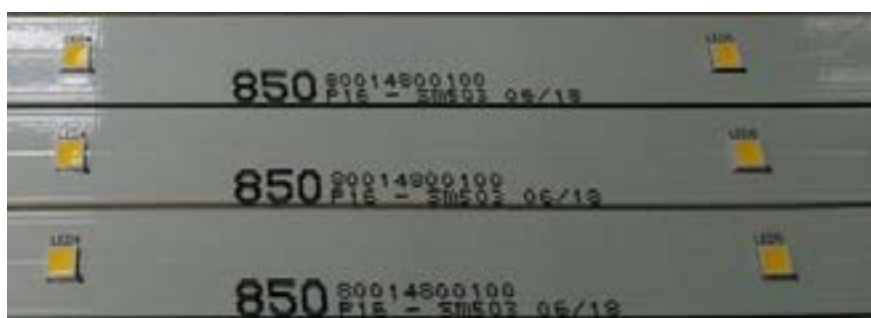
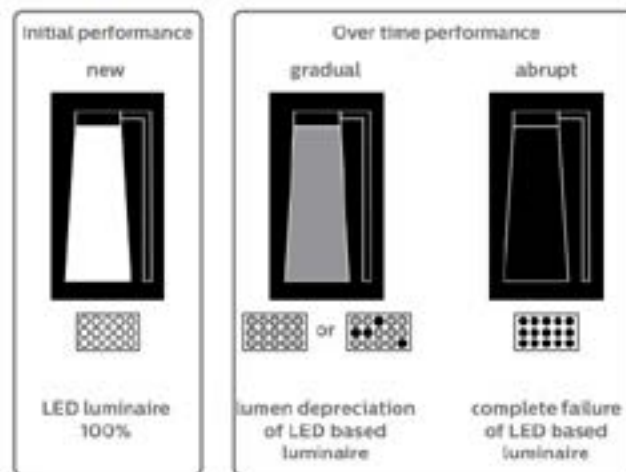


Figura 56 – Exemplo de um módulo identificado.

11

Critérios de desempenho de vida da IEC

Existem dois valores de desempenho relevantes, “ao longo da vida”, para serem considerados relacionados com a degradação de um LED baseado numa luminária na vida nominal.



A degradação gradual do fluxo luminoso relaciona-se com a manutenção do fluxo luminoso de uma luminária ao longo do tempo. Descreve o quanto da saída de fluxo luminoso inicial das fontes de luz na luminária ainda está disponível após um determinado período de tempo.

A depreciação da saída de fluxo luminoso pode ser uma combinação individual do LED que fornece menos luz, e do LED individual, que não fornece luz alguma.

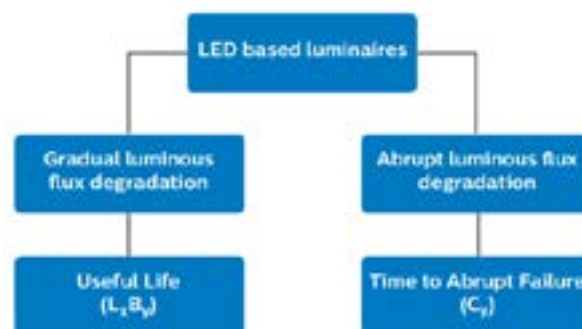


Figure 5 – IEC old lifetime metric



Associação Brasileira
da Indústria de Iluminação

Colaboração no desenvolvimento deste guia:

AUDAX / CIA DA ILUMINAÇÃO / INTERLIGHT
INTRAL / LUMICENTER / LUXION / OMEGA LIGHT
REPUME / SIGNIFY / TECNOWATT