

Iluminação por LED's

Jorge Paulo Nunes Tavares
Instituto Superior de Engenharia do Porto
1920530@isep.ipp.pt

Rogério dos Reis Pereira
Instituto Superior de Engenharia do Porto
1050677@isep.ipp.pt

Resumo

Este trabalho pretende fazer uma abordagem à crescente importância dos díodos emissores de luz (LEDs) na indústria em geral e na indústria automóvel em particular. Começando pelas origens deste componente, até aos últimos desenvolvimentos e aplicações no ramo automóvel, veremos como o LED evoluiu de forma a ocupar actualmente um lugar de destaque nos mais diversos sistemas, não só de iluminação mas também de indicação luminosa. Características como a durabilidade, imunidade a vibrações e relação rendimento luminoso/consumo, torna este componente ideal na substituição das clássicas lâmpadas incandescentes.

1. Introdução

A crescente necessidade de desenvolver sistemas cada vez mais económicos e de reduzido impacto ambiental, tem direccionado a evolução dos sistemas no sentido de minimizar os consumos energéticos tentando sempre maximizar o seu rendimento. Sendo o automóvel um sistema onde a conversão de diferentes tipos de energia é um fenómeno constante, e considerando que a fonte de energia primária dos modelos convencionais (motores de combustão a 4 tempos) é um combustível de origem fóssil (gasóleo, gasolina, etc...), verifica-se que a produção de energia eléctrica num sistema automóvel, representa uma carga adicional no consumo de combustível dos veículos.

Tendo em conta que elementos como o conforto e a segurança, eram atributos dedicados a veículos de gamas média-alta e alta, hoje em dia já fazem parte da esmagadora maioria dos veículos em circulação.

Componentes como o ABS, Air Bag, vidros eléctricos, direcção assistida, etc..., para além da crescente quantidade de informação disponibilizada através dos computadores de bordo, sistemas de apoio à navegação, indicadores, sensores, etc... verifica-se que, cada vez mais a parte eléctrica de um veículo constitui um elemento fundamental no desempenho de todo o sistema, uma vez que esta é obtida indirectamente a partir da fonte primária (fig. 1).

Torna-se assim evidente que uma optimização do sistema eléctrico traduz-se directamente na optimização do consumo de combustível do veículo.

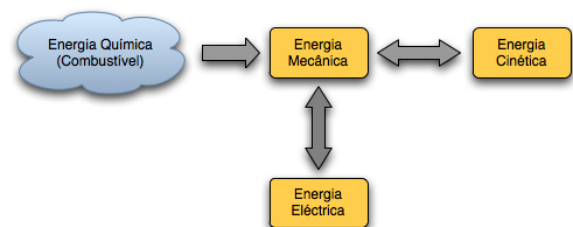


Fig. 1 – Transformações energéticas num sistema automóvel (motor de combustão de 4 tempos)

Visto que uma parte considerável da energia eléctrica produzida pelo alternador é consumida pelos diversos sistemas de iluminação dos veículos (iluminação exterior e indicadores de painel), percebe-se de imediato o interesse desenvolvido pelo sector automóvel na adaptação do LED aos mais variados sistemas.

2. O LED

O LED, acrónimo do Inglês “*Light Emmiting Diode*” ou díodo emissor de luz é um componente que pertence à categoria dos semicondutores, mais precisamente dos díodos semicondutores, sendo, à semelhança destes constituídos por uma junção P-N que quando polarizada directamente emite radiação luminosa, podendo esta ser ou não visível ao olho humano.

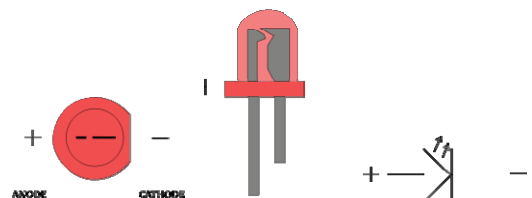


Fig. 2 – Aspecto e representação simbólica do díodo emissor de luz

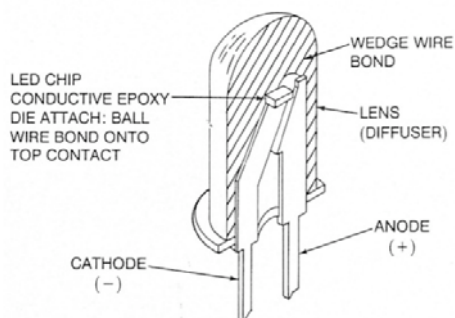


Fig. 3 – Estrutura interna do LED



Fig. 4 – Diversos tipos de LED

A principal diferença entre o LED e o díodo vulgar reside no seu funcionamento ao nível atómico. Enquanto que nos díodos vulgares (Silício ou Germânio), o processo de condução apenas resulta na libertação de energia sob forma calorífica; no LED, quando um electrão ocupa uma lacuna, este passa a um nível de energia inferior libertando um fóton, cujo comprimento de onda da radiação luminosa emitida (e assim, a sua cor) depende do tipo de material que constitui a junção P-N.

A tabela 1 apresenta a obtenção de cores típicas em função do semiconductor utilizado.

Tabela 1 – Cores de LEDs convencionais

Cor	Material semiconductor
Vermelho	FosfoArseniato de Gálio - GaAsP
Verde/Amarelo	Fosforeto de Gálio – GaP
Infravermelho	Arseniato de Gálio e Alumínio - AlGaAs

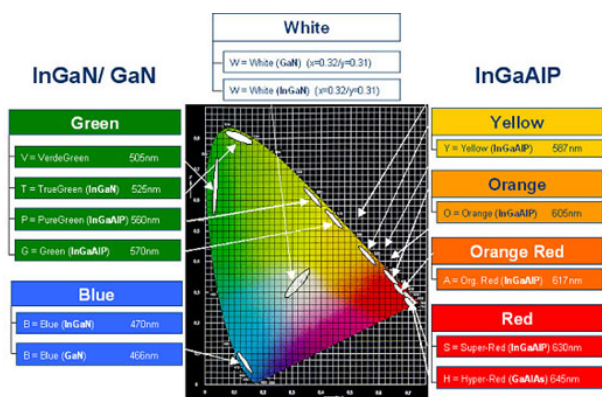


Fig. 5 – Espectro luminoso dos diversos tipos de led [8]

2.1. Enquadramento histórico

Embora o fenómeno da electroluminescência tenha sido inicialmente observado no início do século XX (1907), só nos anos 60 é que este componente viu viabilizada a sua comercialização. Dificuldades no manuseamento dos materiais, obtenção de níveis de luminosidade insignificantes, elevados consumos e outras características pouco vantajosas, fizeram com que o desenvolvimento dos LEDs fora por diversas vezes abandonado ao longo dos anos. O primeiro LED comercial, produzido no início dos anos 60, apenas emitia radiação infravermelha, tendo sido amplamente utilizado em sistemas fotoeléctricos e sensores. Em finais dos anos 60 surge o primeiro LED de luz visível (vermelho), tendo evoluído até aos dias de hoje, podendo-se encontrar actualmente LEDs das mais variadas cores o formatos. Destaca-se o recente desenvolvimento dos LEDs de alto brilho (anos 80 e 90), assim como o LED de cor azul normal (que só surgiu nos inícios de 90) e azul de alto brilho, que veio servir de base ao desenvolvimento do LED branco de alto brilho, amplamente utilizado hoje em dia em sistemas de iluminação, não só em dispositivos electrónicos mas também em espaços públicos, como por exemplo numa torre na cidade de Toronto (figura 5).

Embora este tipo de iluminação possa custar cerca de 3 vezes mais que a iluminação convencional, esta tecnologia permite uma redução no consumo de energia de 30 a 90%, podendo durar entre 20 a 30 anos sem substituição ou limpeza, tornando assim a solução bem mais económica a longo prazo[13].



Fig. 6 – Iluminação de uma torre em Toronto recorrendo a LEDs

3. Sistema de iluminação automóvel

Podemos ver na tabela 2 a constituição típica de um sistema de iluminação automóvel convencional (veículo ligeiro de média gama).

	Exterior	Interior
Frontal	• Máximos	
	• Médios	
	• Mínimos	
	• Intermitentes (pisca)	• Habitáculo
Traseira	• Presença	• Painel frontal
	• Nevoeiro	
	• Inv. de marcha	
	• Intermitentes (Pisca)	
	• Matrícula	

Nestes 3 grupos, encontram-se geralmente lâmpadas que podem ser do tipo:

- **Incandescente** - de uso geral (Iluminação interior, inversão de marcha, piscas, presença, indicadores do painel frontal, etc...), geralmente de baixa potencia.
- **Incandescente de halógeno** - geralmente usadas nos sistemas de iluminação frontal devido a quantidade de energia térmica dissipada e maior radiação luminosa.
- **Descarga de alta intensidade (HID)** – igualmente utilizadas nos sistemas de iluminação frontal, também conhecidas como lâmpadas de Xénon, permitem obter uma luminosidade semelhante á luz do dia, permitindo maior conforto na condução.
- **Díodos emissores de luz (LEDs)** – Inicialmente utilizados como indicadores de painel, com o desenvolvimento dos leds de alto brilho (HB LED) têm vindo progressivamente a substituir igualmente os pontos de iluminação exterior de menor potencia em veículos de gama alta e média-alta e mais recentemente ate nas gamas media e media baixa.

Considerando a potencia média instalada no exterior de um veículo típico, a tabela 3 apresenta os valores das potencias das diversas lâmpadas instaladas.

Naturalmente os valores apresentados dependem do modelo e da tecnologia utilizada, sendo aqui apresentados apenas como valores típicos, suficientes ao âmbito do nosso estudo.

Tabela 3 – Potencia exterior típica disponível num automóvel

Tipo	Qde	P _{Unit} (W)	P _{Tot} (W)
Máximos	2	55	110
Médios	2	55	110
Mínimos frontais	2	5	10
Mínimos traseiros	2	10	20
Intermitentes (piscas)	4	21	84
Inversão de marcha	1	21	21
Ind. de Nevoeiro	1	21	21
Matrícula	1	5	5
Travões	2	21	42
TOTAL			423 W

4. O LED na iluminação automóvel

Embora se encontrem já a circular veículos em que a iluminação exterior por LEDs predomina essencialmente na iluminação de baixa potencia (<50W), os esforços para conseguir a total substituição da iluminação exterior levou alguns fabricantes de automóveis, nomeadamente a Audi com o novo modelo R8, a circular a partir de Outubro/2007 e a equipar opcionalmente este modelo com luzes de máximos já recorrendo a LEDs. A empresa de sistemas de iluminação HELLA aponta para 10W de consumo para um par de LEDs utilizados nas lâmpadas de maior potencia (médios e máximos), contra 150W na iluminação convencional. Destaca-se ainda a durabilidade destes LEDs, cerca ate 50000 horas, que garante aproximadamente 100 anos de iluminação num veículo de gama média. O único problema deste sistema reside no seu elevado custo: 1000\$ (678.5€) o par de lâmpadas, cerca de 10 vezes mais que as lâmpadas de descarga de alta intensidade.

O sistema de iluminação frontal do R8 (Figura 6) é desenvolvido pela OSRAM, e é constituído por grupos de LEDs capazes de fornecer 18 Lumens a 140 mA [12].



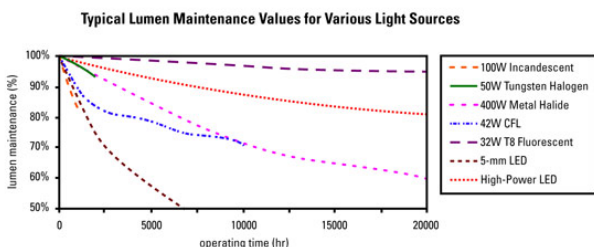
Fig. 7 – Iluminação frontal do Audi R8

As principais vantagens da utilização de LEDs nos veículos automóveis, consistem em :

- Tempos de comutação, cerca de 140 vezes inferiores aos de uma lâmpada incandescente convencional, permitindo por exemplo, um acréscimo na distância de segurança de mais 7 metros em situação de travagem a uma velocidade de 105 km/h [8].
- Consumo de apenas cerca de 15% da energia necessária a uma lâmpada incandescente. (Ex. 4.3W com leds, comparado com 27W incandescentes) nas luzes de mudança de direcção[8].
- Permite diversas soluções ópticas variando apenas o sistema de reflexão.
- Resistência a vibrações mecânicas
- Maior capacidade de controlo
- Evolução no design interior e exterior dos veículos
- Durabilidade: mais de 20000 horas de funcionamento sem manutenção ou substituição.
- O espaço ocupado pelos LEDs é menor o que bem favorecer o aproveitamento do espaço interior por exemplo na mala.

Analisando o gráfico da figura 7, verificamos que apenas as lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 32W, apresentam menor degradação com o tempo em relação aos LEDs de alto brilho, que apresentam um rendimento luminoso superior a 80% ao fim de 20000 horas de funcionamento.

Este fenómeno ocorre no LED dependendo do tipo de encapsulamento e do seu formato, sendo a temperatura desenvolvida na junção do LED a principal causa desta degradação. Ao contrario das outras fontes luminosas que dissipam calor sob forma de radiação infravermelha, o LED dissipa o calor por condução ou convecção.



Source: Adapted from Bullough, JD. 2003. *Lighting Answers: LED Lighting Systems*. Troy, NY. National Lighting Product Information Program, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute.

Fig. 8 – Degradação da qualidade luminosa de várias fontes com o tempo

Assim, se a sua forma ou do sistema em que se encontra integrado não for desenhado por forma a facilitar esta dissipação, a temperatura aumentará, degradando assim o rendimento luminoso. O encapsulamento mate resulta igualmente na degradação luminosa do LED, daí que actualmente os fabricantes de LEDs de alto brilho utilizam actualmente encapsulamentos à base de silicone afim de evitar este problema [11].

A figura 9 apresenta como exemplo a comparação entre um módulo de iluminação traseira convencional, nas suas diferentes modalidades: lâmpadas incandescentes (figura 9a) e com LEDs (figura 9b).



a)

b)



c)

Fig. 9 - Módulo de iluminação traseiro: a) com lâmpadas incandescentes; b) o mesmo modelo com LEDs; c) modelo com LEDs em funcionamento [8]

Na figura 9c podemos verificar que a cor do indicador só é perceptível em funcionamento, sendo os LEDs responsáveis pela sua definição.

Na figura 10 podemos ver soluções propostas por alguns fabricantes de sistemas de iluminação automóvel como a "Ledtronics, Inc" (www.ledtronics.com)

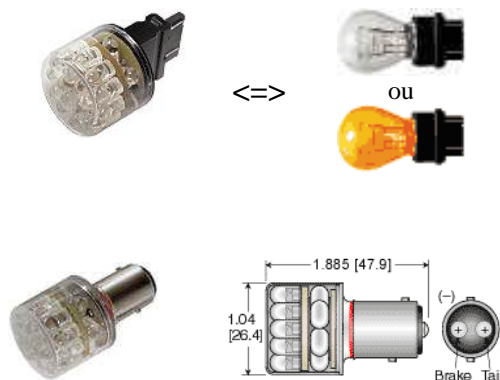


Fig. 10 – Substituição de lâmpadas de travão ou presença por módulo de LEDs

Uma das consequências da substituição de lâmpadas convencionais por grupos de LEDs é a interpretação por parte da unidade central do veículo ao detectar a alteração no valor da corrente no circuito eléctrico, provocando o seu mau funcionamento. Para resolver este problema, insere-se no circuito uma resistência de carga [9], representada na figura 11.



Fig. 11 – Resistência de potencia 6Ω/50W

A figura 12 representa a utilização de uma das soluções propostas na substituição da luz de presença traseira por



Fig. 12 – Substituição de luzes de presença

outra equivalente com LEDs, recorrendo a técnicas de reflexão afim de melhorar o desempenho do conjunto.

5. Conclusões

Apesar das lâmpadas de alta intensidade de descarga se apresentem como um óptima solução para a iluminação de maior potencia no automóvel, isto deve-se à pesquisa efectuada por alguns fabricantes, (Lumileds, Osram e Seul Semiconductor) prevê-se que serão os LEDs a ocupar um lugar de destaque nos veículos de futuro.

- O seu baixo custo a curto/médio prazo resultantes da produção em massa.
- O seu tamanho reduzido consegue uma economia de espaço o que favorece o espaço interior dentro do automóvel.
- A sua grande fiabilidade
- A economia energética que se traduz num menor esforço para alternador de onde resulta uma redução de consumos e de emissões poluentes.

Todos os 4 pontos anteriores fazem do LED a tecnologia preferida para iluminação interior e exterior no ramo automóvel num futuro próximo. [2].

A indústria automóvel prevê, até 2010 a substituição de todo o sistema de iluminação dos veículos por LEDs [3], incluindo as lâmpadas de maior potência (> 50W).

Nesta previsão temos de ter em conta a resistência dos produtores de lâmpadas convencionais que para combater a tecnologia LED tem melhorado a qualidade e baixado o preço das lâmpadas ditas convencionais.

6. Referências

- [1] http://www.wavicle.biz/led_history.html
- [2] <http://www.jdpower.com/autos/articles/Automotive-Lighting>
- [3] <http://ezinearticles.com/?LEDs:-The-Light-of-the-Future&id=216543>
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode
- [5] www.prof2000.pt/users/lpa/LED-Díodo Emissor de Luz.ppt
- [6] <http://www.vtecpt.com/modules.php?name=News&file=article&sid=1070>
- [7] <http://www.sylvania.com/LearnLighting/LearnAutoLighting/>
- [8] OSRAM, “Lighting Programme 2007/2008 – Automotive Lamps”, catálogo 2007/2008.

- [9] <http://www.ledtronics.com/ds/aut3157/>
- [10] <http://ledmuseum.home.att.net/ledleft.htm>
- [11] http://www.netl.doe.gov/ssl/usingLeds/generalillumination_life_depreciation.htm
- [12] IEEE, “*SPECTRUM*”, Abril 2007.
- [13] “*Seleções do Reader’s Digest*”, Dezembro 2007, pg. 92