USO DE SEMICONDUTORES EMISSORES DE LUZ EM ILUMINAÇÃO

Rafael Lopes Luco[1], Rami Haourani[2], Magda Aparecida Salgueiro Duro[3], Ana Júlia Ferreira Rocha[4]

Abstract *— The growing energy demand in the world combined with the depletion of natural resources requires the search for alternatives that contribute to a sustainable energy scenario. Contributing to increase energy efficiency, thereby, a low consumption of electricity and a significant saving in costs referring to the lighting, light emitter diode emerge as alternative to the electric power sector is vital to the development of the economy. This work approaches the viability of replacing conventional lamps by light emitter diode (LED) environments in residential. It traces a technical and economic obtained through a case study by measurements made in residential environment. It describes the evolution of the lighting system, and how this may have an impact on different aspects that can contribute to the sustainable development.*

Index Terms: Led. Sustainable Development. Lighting System.

INTRODUÇÃO

A alta concentração de petróleo e gás na região do Oriente Médio e o cartel dos países exportadores que dominam 78% das reservas mundiais impõem a busca de novas alternativas para um ambiente de oferta energética sustentável [1].

Um sistema energético compreende as atividades de extração, processamento e distribuição da energia [2] até o fornecimento ao consumidor, sendo responsável por danos ambientais.

Uma forma de minimizar esses danos ambientais, além de otimizar o uso e os gastos com energia, é trabalhar com o mínimo de perdas no sistema de geração, transmissão e distribuição, alcançando dessa forma uma maior eficiência energética.

Essa eficiência é conseguida quando um dispositivo de iluminação, por exemplo, realiza determinado trabalho com um mínimo de energia, obtendo-se, assim, boa eficiência energética.

Um consumo menor de energia, além de benefícios para o consumidor, pode implicar em ganhos para a economia do país e para o meio ambiente. Neste trabalho foi realizado um estudo para o uso das lâmpadas LEDs.

Os LEDs, quando aplicados para iluminação na forma de lâmpadas, tornam-se uma alternativa para a redução do consumo de energia elétrica no setor de iluminação, como indicam diversas pesquisas do setor energético. Além da economia de energia, as lâmpadas LEDs apresentam outras vantagens como à alta resistência mecânica a impactos, dando assim uma maior vida útil para a luminária na qual é instalada.

É nítida a necessidade de buscar novas tecnologias para o setor de iluminação. Nos últimos anos percebeu-se uma evolução na aplicação de LED's na iluminação, principalmente em sinalização pública. Já existem vários semáforos de LEDs nas ruas das grandes cidades.

Com a recente crise energética mundial, tornou-se necessário estudar alternativas sustentáveis para o setor de iluminação e em paralelo obter uma melhor qualidade de iluminação.

O uso das lâmpadas LEDs ainda apresenta um custo de aplicação elevado se comparados com as lâmpadas convencionais, porém existem grandes esforços para que a tecnologia semicondutora aliada à iluminação apresente um custo de implementação que possa concorrer com as tecnologias convencionais.

ALGUNS TIPOS DE LÂMPADAS

A seguir são apresentadas características de alguns tipos de lâmpadas, às quais são muito utilizadas no cotidiano das residências e dos comércios.

Lâmpada Incandescente

A lâmpada incandescente, Figura 1, possui bulbo transparente preenchido com gás inerte que proporciona uma luz clara e apresenta um filamento de tungstênio duplamente espiralado. Quando a lâmpada é ligada à rede, o filamento de tungstênio é atravessado pela corrente elétrica que o aquece e desta forma chega à incandescência produzindo a luz.

A lâmpada incandescente é ideal para iluminar áreas nas quais são desenroladas atividades domésticas como cozinhar, lavar, ler, utilizar o computador, entre outras.

Suas principais desvantagens são a vida útil que não ultrapassa 1000 horas e o seu aquecimento excessivo que torna sua manutenção ou substituição difíceis, além de aquecer o ambiente no qual está instalada.

Lâmpada Halógena

1 Rafael Lopes Luco, Estudante de Engenharia Elétrica - Escola de Engenharia - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua da Consolação, 930 - Cep 01302-907 - Consolação - São Paulo - SP - Brasil - rafaelluco@yahoo.com.br
2 Rami Haourani, Estudante de Engenharia Elétrica - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua da Consolação, 930 - Cep 01302-907 - Consolação - São Paulo - SP - Brasil - ramih@uol.com.br
3 Profa. Ms. Magda Aparecida Salgueiro Duro, Professora Assistente - Escola de Engenharia - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua da Consolação, 930 - Cep 01302-907 - Consolação - São Paulo - SP - Brasil - magdaaparecida.duro@mackenzie.com.br
4 Profa. Dra. Ana Júlia Ferreira Rocha, Professora Adjunta - Escola de Engenharia - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua da Consolação, 930 - Cep 01302-907 - Consolação - São Paulo - SP - Brasil - anajulia.rocha@mackenzie.com.br

As lâmpadas halógenas, Figura 2, assim como as incandescentes, possuem filamento de tungstênio e apresentam o mesmo princípio de funcionamento. Porém são adicionados ao interior do bulbo das lâmpadas halógenas elementos como o iodo ou o bromo, que combinados com o tungstênio evaporado pelo calor, dão origem a um composto formado pela integração dos dois gases que fica circulando dentro do bulbo devido às correntes de convecção aí presentes, até se aproximar novamente do filamento. A alta temperatura no interior o bulbo decompõe o composto, e parte do tungstênio se deposita novamente no filamento regenerando-o [3].

O gás halogêneo (iodo ou bromo) liberado começa o ciclo, tendo assim, uma reação cíclica que reconduz o tungstênio evaporado para o filamento. Com isso, o filamento pode trabalhar em temperaturas mais elevadas, obtendo-se maior eficiência luminosa, maior fluxo luminoso, maior temperatura de cor, ausência de depreciação do fluxo luminoso por enegrecimento do bulbo e dimensões reduzidas [3].

As lâmpadas halógenas normalmente são aplicadas para iluminação decorativa de residências, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares. Também são utilizadas em luminárias de mesa [4].

FIGURA 1
LÂMPADA INCANDESCENTE
FONTE: [4]

FIGURA 2
LÂMPADA HALÓGENA
FONTE: [4]

Lâmpadas Fluorescentes Compactas

A lâmpada fluorescente compacta (FLC), Figura 3, se tornou a principal alternativa de substituição para as lâmpadas incandescentes tradicionais no ano de 2001, quando a crise energética brasileira veio à tona com os chamados "apagões", devido à promessa de menor consumo de energia elétrica quando comparadas às lâmpadas incandescentes.

Seu formato de bulbo espiral proporciona uma maior incidência de luz e uma distribuição mais uniforme do fluxo luminoso. Estas lâmpadas consomem ate 80 % menos energia e duram ate oito vezes mais que as incandescentes tradicionais, considerando um uso diário de até 3 horas. [4].

Por apresentarem uma grande praticidade de instalação e formato compacto, as lâmpadas fluorescentes compactas de cor branca se tornam ideais para iluminação de áreas domésticas como cozinhas e áreas de serviço. As FLCs de cor amarela são indicadas para iluminação de áreas de descanso, como salas e quartos.

"Quando utilizadas em substituição de lâmpadas incandescentes tradicionais, recomenda-se que seja verificada a equivalência ideal de potências, visando manter a mesma quantidade de luz para o ambiente iluminado" [4].

Lâmpada LED

A lâmpada MASTER LED DIMMABLE 7 W da PHILIPS, apresentada na Figura 4, é ideal para iluminação geral de residências, em dormitórios e salas de descanso. Esta lâmpada possui uma alta eficiência energética no que se refere ao consumo de energia elétrica, sendo sua utilização recomendada em locais que requerem uma iluminação permanente, como em corredores de andares de hotéis. [4].

Esta lâmpada emite luz de forma espalhada, semelhante a uma lâmpada incandescente, o que a torna uma alternativa para a substituição das lâmpadas convencionais, já que a economia da MASTER LED DIMMABLE 7 W pode chegar a 80 % quando comparada a uma incandescente. O retorno financeiro do investimento pode ser obtido em menos de um ano, considerando que esta lâmpada fique acesa por 18 horas diárias [4].

FIGURA 3
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA
FONTE:[4]

FIGURA 4
LÂMPADA MASTER LED DIMMABLE 7 W
FONTE: [4]

ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL

Para a elaboração do estudo de caso para a iluminação residencial foi feita uma avaliação de substituição de lâmpadas em um apartamento residencial.

O apartamento é composto por: Corredor de entrada, Sala de estar, Área de serviço, 3 Dormitórios, Dependência de Empregada, 2 Banheiro, Corredor de Passagem e Cozinha.

A seguir estão indicadas as premissas que foram adotadas para o estudo de caso.

- A potência das lâmpadas incandescente e fluorescente é definida pelo fabricante, PHILIPS, e vale 40 W.
- Com base na rotina dos moradores da residência, admitiu-se que as lâmpadas ficam acesas durante 4 horas diárias em média.
- O período de avaliação em relação ao consumo de energia elétrica foi fixado em 1 ano ou 365 dias.
- De acordo com as premissas adotadas conclui-se que cada lâmpada ficará em operação 1460 horas anuais (4 horas x 365 dias).

- A tarifa de energia elétrica, retirada de uma conta de luz do mês de abril de 2009, é $R\$\,0{,}26729$ para cada Kilowatt – hora (kWh) consumido.

Lâmpadas Convencionais – Estudo residencial

Os equipamentos de iluminação envolvidos neste estudo, seus respectivos preços unitários de aquisição, potência ativa e vida útil são apresentados na Tabela I.

TABELA I
TIPOS DE LÂMPADAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Lâmpada	Preço de Aquisição Unitário	Potência Ativa [W]	Vida útil [Horas]
Incandescente	R$ 1,90	39	750
Fluorescente Compacta	R$ 13,90	14	8000
LED	R$ 157,00	7	45000

A potência ativa das lâmpadas utilizadas foi medida utilizando um wattímetro da marca Lier. Com o levantamento desta potência, pode-se calcular o consumo de energia elétrica das lâmpadas em reais (R$).

Os ensaios destas medições estão ilustrados nas Figuras 5 e 6.

A Figura 5 mostra a medição da potência ativa da lâmpada incandescente. O valor encontrado foi 39 W.

FIGURA 5
MEDIÇÃO DA POTÊNCIA ATIVA DA LÂMPADA INCANDESCENTE

FIGURA 6
MEDIÇÃO DA POTÊNCIA ATIVA DA LÂMPADA FLUORESCENTE

O valor de potência encontrado na medição mostrada na Figura 5 deve ser convertido para Kilowatt (kW), conforme equação (1):

$$39\ W \div 1000 = 0{,}039\ kW \qquad (1)$$

Assumindo que cada Kilowatt – hora (kWh) consumido apresenta um custo de R$ 0,26729, e que a lâmpada permanecerá acesa durante 1460 horas anuais conclui-se que uma lâmpada incandescente gasta R$ 15,22 por ano, equação (2), em consumo de energia elétrica.

$$0{,}039\ kW \times R\$\ 0{,}26729 \times 1460\ horas/ano = R\$\ 15{,}22 \qquad (2)$$

A medição da potência ativa da lâmpada fluorescente está ilustrada na Figura 6. O valor encontrado foi 14 W.

Assim como foi feito para a lâmpada incandescente, o valor da potência ativa da lâmpada fluorescente deve ser convertido para Kilowatt (kW) conforme equação (3).

$$14W \div 1000 = 0{,}014kW \qquad (3)$$

A lâmpada fluorescente, assim como a incandescente, permanecerá acesa durante 1460 horas anuais, portanto seu consumo de energia elétrica será de R$ 5,46 por ano. Este valor está calculado na equação (4).

$$0{,}014\ kW \times R\$\ 0{,}26729 \times 1460\ horas/ano = R\$\ 5{,}46 \qquad (4)$$

A Tabela II resume os valores das medições de potência ativa os resultados obtidos por meio dos cálculos de consumo de energia elétrica apresentados.

TABELA II
POTÊNCIA ATIVA E CONSUMO ANUAL DAS LÂMPADAS CONVENCIONAIS.

Lâmpada	Potência Ativa [kW]	Consumo anual (R$)
Incandescente	0,039	R$ 15,22
Fluorescente Compacta	0,014	R$ 5,46

Para calcular o consumo anual de energia elétrica na residência para obter-se o consumo total anual é necessário que se conheçam as quantidades e os tipos de lâmpadas instaladas em cada ambiente. A tabela III mostra as informações: os custos de aquisição das lâmpadas convencionais e o consumo de energia elétrica anual por ambiente. Os números entre parênteses ao lado dos ambientes da Tabela III representam as quantidades de lâmpadas instaladas em cada ambiente.

TABELA III
CUSTO DE AQUISIÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DAS LÂMPADAS CONVENCIONAIS

Ambiente (Quantidade de Lâmpadas)	Tipo	Custo de Aquisição	Custo Consumo de Energia
Cor. de Entrada (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Sala (5)	Incandescente	R$ 9,50	R$ 76,10
Área de Serviço(1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Quarto 1 (1)	FLC	R$ 13,90	R$ 5,46
Quarto 2 (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Quarto 3 (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Dep. Empregada (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Banheiro 1 (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Banheiro 2 (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Cor. Passagem (2)	Incandescente	R$ 3,80	R$ 30,44
Cozinha (1)	Incandescente	R$ 1,90	R$ 15,22
Total (16)		R$ 42,40	R$ 233,76

Portanto, pelas informações contidas na tabela III conclui-se que o custo total (aquisição de equipamentos + consumos de energia elétrica anual) para o apartamento é de R$ 276,16.

Lâmpada LED – Estudo Residencial

Para a substituição das lâmpadas convencionais foi utilizada a lâmpada LED modelo 7W227WW110-250V da PHILIPS. Esta lâmpada, assim como as convencionais possui uma potência de 40 W e é utilizada para as mesmas

aplicações das incandescentes e fluorescentes. Porém, sua potência ativa vale 7 W (significativamente menos que as convencionais) conforme medição mostrada na Figura 7.

FIGURA 7
MEDIÇÃO DA POTÊNCIA ATIVA DA LÂMPADA LED

O valor da potência ativa da lâmpada LED deve ser convertido para Kilowatt (kW), conforme equação (5).

$$7W \div 1000 = 0{,}007 \text{ kW} \qquad (5)$$

Assumindo que cada Kilowatt – hora (kWh) consumido apresenta um custo de R$ 0,26729, e que a lâmpada permanecerá acesa durante 1460 horas anuais conclui-se que uma lâmpada LED gasta R$ 2,73 por ano , equação (6), em consumo de energia elétrica. O cálculo deste valor está de detalhado na equação (6).

$$0{,}007 \text{ kW} \times \text{R\$ } 0{,}26729 \times 1460 \text{ horas/ano} = \text{R\$ } 2{,}73 \qquad (6)$$

vida útil da lâmpada LED utilizada para este estudo de caso é de 45.000 horas, com base em catálogos do fabricante.

A tabela IV mostra os custos de aquisição das lâmpadas LED e o consumo de energia elétrica anual por ambiente para a utilização desta tecnologia. O Total do investimento (aquisição + consumo) também é mostrado nesta tabela.

TABELA IV
CUSTOS DE AQUISIÇÃO DAS LÂMPADAS LED E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ANUAL POR AMBIENTE

Ambiente (Quantidade de Lâmpadas)	Tipo	Custo de Aquisição	Custo Consumo de Energia
Cor. de Entrada (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Sala (5)	LED	R$ 785,00	R$ 13,66
Área de Serviço(1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Quarto 1 (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Quarto 2 (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Quarto 3 (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Dep. Empregada (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Banheiro 1 (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Banheiro 2 (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Cor. Passagem (2)	LED	R$ 314,00	R$ 5,46
Cozinha (1)	LED	R$ 157,00	R$ 2,73
Total (16)		R$ 2.512,00	R$ 43,71

Portanto, pelas informações contidas na tabela IV, conclui-se que o custo total (aquisição de equipamentos + consumos de energia elétrica anual) para o apartamento utilizando a tecnologia LED é de R$ 2.555,71.

Comparativo entre Lâmpadas convencionais e LED

Pela Tabela IV conclui-se que o custo de aquisição das lâmpadas LED é de R$ 2.512,00 e, portanto praticamente 60 vezes maior do que o custo de aquisição das lâmpadas convencionais, equação (7).

$$\text{R\$ } 2512{,}00 \div \text{R\$ } 42{,}40 = 60 \text{ vezes} \qquad (7)$$

A relação entre os totais das tabelas III e IV (Aquisição + Consumo) é de 9,25 conforme mostra a equação (8).

$$\text{R\$ } 2555{,}71 \div \text{R\$ } 276{,}16 = 9{,}25 \text{ vezes} \qquad (8)$$

Considerando que as lâmpadas ficam acesas durante 4 horas diárias e que para a incandescente a vida útil é de 750 horas conclui-se que a lâmpada incandescente precisará ser trocada a cada 187,5 dias. Este valor foi obtido conforme equação (9).

$$750 \text{ horas} \div 4 \text{horas/dia} = 187{,}5 \text{ dias} \qquad (9)$$

A lâmpada fluorescente possui vida útil de 8000 horas e, portanto precisará ser trocada a cada 2000 dias ou 5,48 anos, como mostra a equação (10)

$$8000 \text{ horas} \div 4 \text{ horas/dia} = 2000 \text{ dias} \qquad (10)$$

A lâmpada LED possui vida útil de 45.000 horas, portanto precisará ser trocada a cada 11.250 dias ou 30,82 anos, equação (10).

$$45000 \text{ horas} \div 4 \text{ horas/dia} = 11250 \text{ dias} \qquad (11)$$

A relação para a troca de lâmpadas convencionais quando comparadas com a lâmpada LED é:

- 60 trocas de lâmpadas incandescentes para 1 troca de lâmpada LED.
  11250 dias / 187,5 dias = 60
- 5,63 trocas de lâmpadas fluorescentes para 1 troca de lâmpada LED
  11250 dias / 2000 dias = 5,63
- O apartamento residencial do estudo de caso é composto atualmente por 15 lâmpadas incandescente e 1 lâmpada fluorescente e portanto em 30,82 anos (tempo para 1 troca da lâmpada LED) serão trocadas 15 x 60 = 900 lâmpadas incandescentes a um custo de R$ 1,90 x 900 = R$ 1.710,00 e serão trocadas 1 x 5,63 = 5,63 lâmpadas fluorescentes a um custo de R$ 13,90 x 5,63 = R$ 78,19 totalizando R$ 1.788,00 em trocas de lâmpadas em 30,82 anos.
- Após 30,82 anos as 16 lâmpadas LED terão que ser trocadas a um custo de 16 x R$157,00 = R$ 2512,00.

O consumo de energia elétrica em 30,82 anos para lâmpadas:

- Convencionais: R$ 233,16 x 30,82 = R$ 7.185,99
- LED: R$ 43,71 x 30,82 = R$1347,14

Portanto uma economia de R$ 5.838,85 em 30,82 anos o que representa uma economia de R$ 189,45 por ano.

O tempo de retorno do investimento é de 13 anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi abordado o uso das Lâmpadas LEDs em um ambiente residencial para avaliar como esta tecnologia reduzirá o consumo de energia elétrica. Os valores medidos e calculados são coerentes com a realidade e foram dimensionados de acordo com informações obtidas em manuais. Os preços de todas as lâmpadas utilizadas para a elaboração do estudo de caso são referentes a aquisições feitas no primeiro semestre do ano de 2009.

Os resultados obtidos no estudo de caso da residência mostraram claramente uma redução significativa no consumo de energia elétrica no período de 1 ano proposto para esta avaliação. Enquanto a instalação convencional, composta por lâmpadas fluorescentes e incandescentes, consome o equivalente a R$ 233,76 por ano, a instalação proposta utilizando lâmpadas LEDs consome R$ 43,71, portanto uma economia de aproximadamente 535 % por ano.

A realização de um estudo de caso em um ambiente residencial mostrou que o tempo de retorno do investimento é elevado, aproximadamente 13 anos. Porém o tempo de utilização diário de lâmpadas em uma residência é baixo, assumido 4 horas neste trabalho. Este fator é crucial para a viabilidade de aplicação das lâmpadas LEDs com o seu ainda alto custo de aquisição.

As lâmpadas LEDs ainda apresentam preços que não são atraentes para compra, principalmente quando se fala em utilização em massa. Porém os resultados do estudo de caso deste trabalho mostraram que apesar do seu alto custo de aquisição, as lâmpadas LEDs apresentam benefícios relevantes.

Toda nova tecnologia que surge no mercado necessita de um período de aceitação, tanto pelo preço inicialmente alto quanto pela desconfiança por parte dos consumidores em relação a sua utilidade.

É necessária uma divulgação intensa para que aumente a procura pelas lâmpadas LEDs e assim contribuindo para a redução do seu preço final.

O estudo de caso deste trabalho mostrou que o uso da tecnologia LED em iluminação proporciona uma redução significativa no descarte de lâmpadas, dado que a vida útil de uma lâmpada LED é em media 50 vezes maior do que uma lâmpada incandescente e 10 vezes maior que uma fluorescente, o que contribui para o conceito de sustentabilidade ambiental, o qual nos dias atuais se mostra essencial na formação de profissionais de todas as áreas e sem duvida na formação do engenheiro.

Este tema é muito abrangente e o estudo em questão teve como objetivo contribuir para o conhecimento de uma tecnologia de lâmpadas que pode apresentar vantagens, tais como contribuições social, econômica e ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Nacional de Agro Energia 2006-2011*. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/PLANONACIONALDOAGROENERGIA1..pdf>. Acesso em: Nov. 2008

[2] LOPES, S. B. *Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública. 2002.* Trabalho de Graduação Interdisciplinar (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2002.

[3] PEREIRA, F. O. R; SOUZA, M. B. *Conforto Ambiental: Iluminação*. 2005. Florianópolis, UFSC - Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: <http://www.labcon.ufsc.br/anexos/16.pdf>. Acesso em: Nov. 2008.

[4] PHILIPS. *Products Catalogue*. 2009. Disponível em: <http://www.luz.philips.com/portalProductCatalogHome.do?par=357:1:357>. Acesso em Nov. 2009.