

Proposta de implantação de módulos semafóricos veiculares de LED na cidade de Telêmaco Borba

Samuel Roberto Marcondes (IFPR) samuel.marcondes@ifpr.edu.br

Flávio Piechnicki (IFPR) flavio.piechnicki@ifpr.edu.br

Ademir Stefano Piechnicki (IFPR) ademir.piechnicki@ifpr.edu.br

Leandro Roberto Baran (IFPR) leandro.baran@ifpr.edu.br

Resumo:

A situação energética do país indica uma perspectiva de desequilíbrio entre a oferta e demanda de energia elétrica cada vez mais preocupante, logo o cenário se direciona para o uso racional da energia elétrica e de ações que promovam uma maior eficiência energética. Partindo desse contexto, intensificou-se a pesquisa de diferentes alternativas de utilização de energia elétrica, como exemplo, as lâmpadas de LED's (*Light Emitting Diode*). Este trabalho tem como objetivo demonstrar a viabilidade técnica e econômica frente a implantação de módulos semafóricos veiculares de lâmpadas LED's na cidade de Telêmaco Borba, como alternativa diante da atual situação do sistema que é composto de lâmpadas incandescentes de baixa eficiência. Após o levantamento de informações junto a prefeitura da cidade acerca do atual sistema semafórico, e considerando a substituição pelos módulos semafóricos veiculares de LED da empresa GlixLedst Illuminate, foram realizados os cálculos da potência instalada e da energia consumida em ambos os sistemas, permitindo assim compará-los em escalas de consumo de energia anual e, segundo as especificações técnicas, em tempo de vida útil dos sistemas e seus custos de manutenção. Os resultados provenientes das informações obtidas e os valores calculados permitiram atingir os objetivos propostos no trabalho, demonstrando assim os benefícios e a efetividade dessa tecnologia para a diminuição do consumo de energia elétrica, bem como para a colaboração frente ao custo de manutenção do sistema

Palavras chave: eficiência energética, módulos semafóricos veiculares, LED (*Light Emitting Diode*).

Proposed deployment of vehicular traffic signal LED modules in the town of Telêmaco Borba

Abstract:

The energy situation in the country indicates a perspective of imbalance between supply and demand of increasing concern electricity soon the scenario will be directed to the rational use of electrical energy and actions to promote greater energy efficiency. From this context, the search for different alternatives of the use of electricity, for example, LED bulbs (*Light-Emitting Diode*) has been intensified. This paper aims to demonstrate the technical and economic feasibility regarding the deployment of LED bulb vehicle traffic signal modules in the town of Telêmaco Borba, as an alternative given the current situation of the system which is composed of low-efficiency incandescent bulbs. After gathering information with the Telêmaco Borba city about the current traffic light system, and considering replacing them with LED vehicle traffic signal modules from the company GlixLedst Illuminate, the calculations regarding the power invested and the energy consumed in both systems were performed, thus allowing their comparison on scales of annual energy consumption and, according to the technical specifications, of the useful life of the systems and their maintenance costs. The results from the information obtained and calculated values made it possible to achieve the proposed objectives of the work, thus demonstrating the effectiveness of this technology for collaboration against the lower consumption of electricity, as well as to control the cost of maintaining the system.

Keywords: Energy Efficiency, Vehicle Traffic Signal Modules, LED (*Light-Emitting Diode*).

1. Introdução

Classificado como um país em desenvolvimento, o Brasil apresenta a cada novo momento de sua história uma maior demanda de energia, logo, sua política energética necessariamente deve estar voltada para o consumo eficiente. Segundo o Ministério de Minas e Energia, através de estudos conduzidos pela Eletrobrás em 2008, a iluminação pública representa aproximadamente 3,96% do total de energia elétrica consumida no Brasil, correspondendo a 10.624 GWh/ano. Este dado evidencia a necessidade de se avaliar o potencial de economia neste segmento, pois a Iluminação Pública faz parte deste montante de consumo de energia elétrica utilizada pelo país.

Partindo desse contexto, intensificou-se a pesquisa de diversas fontes alternativas de energia, como exemplo, os LED's (Light Emitting Diode). Rangel, Silva e Guedes (2009), afirmam que o LED pode ser considerado o terceiro estágio na evolução da lâmpada elétrica, sendo que lâmpada incandescente inventada por Thomas Edison é ligada ao primeiro estágio, enquanto o segundo estágio dessa evolução iniciou-se nos anos 30 com a concepção das lâmpadas fluorescentes, mais econômicas e substitutas das lâmpadas incandescentes em grandes ambientes. Entretanto, em semáforos apenas as lâmpadas incandescentes podem ser utilizadas, devido à forma com que devem funcionar, alternando em ciclos de funcionamento e inoperância, fato esse que não apresentaria o mesmo desempenho caso outro tipo de lâmpada fosse utilizada, como exemplo, a lâmpada fluorescente. Em consequência disso, as cidades utilizam, em quase a totalidade dos semáforos, lâmpadas incandescentes de baixa eficiência, que apresentam pouca resistência a choques e vibrações e vida útil reduzida. Uma vez que os semáforos funcionam durante todo o período do dia, as autoridades municipais devem constantemente se preocupar com a manutenção da sinalização através da troca de lâmpadas. Apesar deste esforço, a existência de lâmpadas inoperantes em semáforos é constantemente verificada pelos motoristas e pedestres, o que diretamente causa frequentes transtornos ao trânsito.

Especificamente no Brasil a maioria dos semáforos utiliza lâmpadas conhecidas como IFR (Incandescente de Filamento Reforçado), com potência nominal de 100 W. Este tipo de lâmpada oferece um tempo de vida maior que as lâmpadas incandescentes comuns de 100 W de uso doméstico. No entanto, como há poucos fornecedores deste tipo de lâmpada e o seu custo de aquisição é significativamente maior do que as lâmpadas domésticas, muitas prefeituras municipais encontram dificuldades para a aquisição de lâmpadas IFR e acabam utilizando lâmpadas incandescentes comuns de 60 W e 100 W nos semáforos.

Com o intuito de colaborar para a promoção de novas alternativas para o uso eficiente da energia elétrica, este trabalho se constitui como mais um subsídio no âmbito dos projetos de eficiência energética e na sua implantação em maior escala em nosso país. Assim sendo, realiza-se uma análise do sistema semaforico com lâmpadas de LED, para demonstrar a viabilidade técnica e econômica dessa tecnologia composta por módulos de alta eficiência luminosa.

2. Desenvolvimento

O desenvolvimento do trabalho em questão, foi dividido em três etapas:

- Levantamento de informações sobre a quantidade de semáforos e o tipo de lâmpadas utilizadas nos mesmos, junto ao órgão responsável na prefeitura de Telêmaco Borba;
- Análise de fornecedores de módulos focais a LED para semáforos;
- Cálculos de potência total instalada e de consumo de energia, tanto para o sistema atual de semáforos, quanto para o sistema proposto com módulos veiculares de LED.

2.1. Lâmpadas Incandescentes

Segundo Bastos (2011) a iluminação incandescente se dá quando um fio (filamento) condutor, colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado, é aquecido ao ser percorrido pela corrente elétrica, gerando sua incandescência. Esse filamento deve possuir baixa evaporação e elevado ponto de fusão para que possa emitir a luz de forma eficiente, por esse motivo, os filamentos são construídos de tungstênio trefilado. O bulbo serve para isolar o filamento do meio externo, protegendo todo o conjunto interno, bem como de alterar a iluminância da fonte de luz e também serve como decoração para o ambiente. Segundo a tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO citada por Bastos (2011), “atualmente no Brasil, a vida mediana de uma incandescente é geralmente de 1000 horas, porém, no caso de ser dimensionada para funcionar em 127 V, a vida mediana pode ficar por volta de 750 horas.” As características construtivas de uma lâmpada incandescente comum podem ser vistas na Figura 1 a seguir:

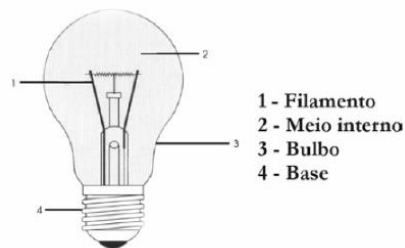


Figura 1 – Lâmpada Incandescente

Apesar de demandarem baixo custo para sua produção, as lâmpadas incandescentes são extremamente ineficientes energeticamente, visto que apenas 5% da energia utilizada por elas é convertida em luz visível, sendo o restante transformado puramente em calor (BASTOS, 2011).

2.2. LED - Light Emitting Diode

O diodo emissor de luz (Light Emitting Diode - LED) é um componente semicondutor que converte corrente elétrica em luz visível e devido ao seu tamanho bastante reduzido, e oferece vantagens através de seu desenvolvimento tecnológico, tornando-o uma alternativa real na substituição das lâmpadas convencionais. (BASTOS, 2011). Segundo Pinto (2008), como a luz do LED é monocromática e o comprimento de onda relaciona-se ao material utilizado na composição do semicondutor, é necessária uma combinação de elementos químicos (entre eles, gálio, alumínio, arsênio, fósforo, índio e nitrogênio) para a dopagem do cristal, a fim de se obter a emissão de luz em uma ampla faixa do espectro tendo assim a diversidade de cores desejada. Bastos (2011) apresenta as vantagens da tecnologia de LED's, quando comparado a demais fontes de luz são:

- a) Dimensões bem compactas;
- b) Permite o encaixe em luminárias convencionais;
- c) Ajuste da cor da luz mediante o uso de LED's de várias cores;
- d) Vida média longa (cerca de 2-3 vezes mais do que as lâmpadas fluorescentes compactas) e alta durabilidade;
- e) Custos de manutenção reduzidos;
- f) Alta eficiência luminosa;
- g) Inexistência de infravermelho e luz ultravioleta (dependendo do tipo LED);
- h) Potência de entrada muito baixa o que permite uma maior segurança;

- i) Não há risco de queimaduras devido à redução dos níveis de calor;
- j) Emissão precisa direcional sem acessórios ou refratores.
- k) Baixo consumo (relativamente às lâmpadas incandescentes);
- l) Como não emitem luz ultravioleta, são ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada, como por exemplo, locais onde existam quadros e obras de arte;
- m) Uma vez que não emitem radiação infravermelha, seu feixe luminoso é frio.

Outra vantagem do LED em relação a grande maioria das demais fontes de luz é sua eficácia luminosa. Para Pinto (2008) “a eficácia luminosa de uma lâmpada representa a capacidade de emissão do fluxo luminoso com relação à potência necessária para realizar este processo”. Por conseguinte, fluxo luminoso é a potência fornecida, a cada segundo, pela fonte luminosa sob a forma de luz em todas as direções, tendo como unidade o lúmen, de maneira que a eficácia luminosa, é medida em lúmens por watt (lm/W). Na Tabela 1 abaixo é possível verificar a eficácia luminosa de algumas fontes luminosas, entre elas o LED.

Fonte Luminosa	Eficácia Luminosa (lm/W)
Incandescente	10-15
Halógenas	15-25
Mista	20-35
Vapor de Mercúrio	45-55
Fluorescente Tubular	55-75
Fluorescente Compacta	50-80
Vapor Metálico	65-90
Vapor de Sódio	80-140
LED	40-130

FONTE: Pinto 2008.

Tabela 1 – Eficácia Luminosa de diferentes fontes luminosas.

2.3. Utilização de Sistemas Semafóricos com LED

De acordo com Lima (2008), em diversos países os pontos de sinalização semafórica vêm utilizando a tecnologia de LED em substituição frente as tradicionais lâmpadas incandescentes, visto que todas as experiências realizadas em campo ou em laboratório demonstraram que os LED's induzem grandes economias de energia, têm alta confiabilidade, melhoram as condições no trânsito, geram menores custos de manutenção e maior visibilidade em condições adversas. Essa substituição de tecnologias já acontece desde 1992 em alguns locais dos Estados Unidos da América, como exemplo, nas cidades como San Diego e Filadélfia, que foram as primeiras a instalar em larga escala esta tipo de semáforo. Na cidade de San Diego mais de 32.000 lâmpadas incandescentes já foram trocadas por LED, gerando uma economia em custos de energia de mais de US\$ 800.000 anuais; o que representou 15 milhões de kWh de economia, sendo que o investimento foi pago em um curto prazo de dois anos. Para comprovar a vantagem do semáforo de LED em relação aos de lâmpadas incandescentes, na cidade de Filadélfia foram feitas pesquisas junto aos condutores de veículos. Com base em suas respostas, concluiu-se que os semáforos equipados com LED têm a luz mais brilhante que os de lâmpadas incandescentes e que não há nenhuma diferença significativa na cor. Lima (2008). A cidade de Santander, na Espanha, já dispunha de 844 unidades de LED instalados nos semáforos, e após aceitar o programa estatal de substituição de semáforos teve 3.623 unidades substituídas, assim, todos os semáforos da cidade foram substituídos para essa tecnologia Lima (2008). No caso do Brasil, Lima (2008) afirma que:

Nos últimos anos foram realizadas em nosso país diversas iniciativas isoladamente por prefeituras e empresas de prestação de serviços de sinalização e controle de tráfego, prevendo a substituição das usuais lâmpadas incandescentes dos pontos de

sinalização semafórica por módulos eletrônicos formados por conjuntos de LED's. A potência elétrica destes módulos varia entre 10W e 25W. Pode-se encontrar nas cidades de Curitiba-PR, São Paulo-SP, Guarulhos-SP, Florianópolis-SC, Campinas-SP, entre outras tantas, alguns pontos semafóricos com tecnologia LED implantados nas ruas.

Os semáforos de LED são geralmente constituídos por um módulo focal onde os LED's estão soldados em placas de circuito impresso, juntamente a uma fonte de alimentação, proteções mecânicas e elétricas, terminais de conexão, lente e suporte de policarbonato. Em cada conjunto como este, o número de LED's pode variar de menos de uma dezena a mais de trezentos. A Figura 2 apresenta um módulo focal de LED:

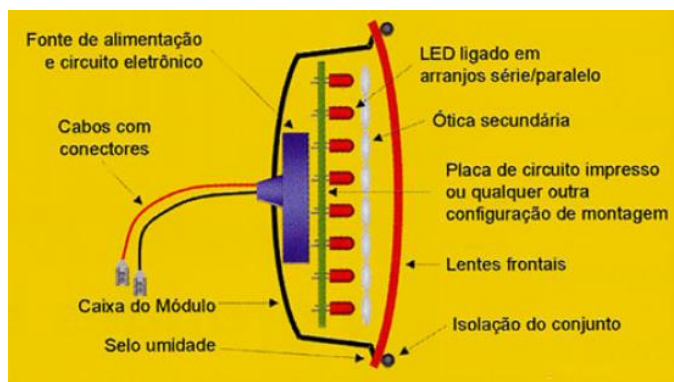


Figura 2 – Módulo Focal de LED

Conforme a figura, o módulo semafórico possui lâmpadas de LED, que operam de maneira independente umas das outras. Então, a queima de uma pequena quantidade de LED's não afeta totalmente a transmissão do sinal luminoso. Além disso, esses módulos de semáforos não requerem praticamente nenhuma adaptação dos sistemas convencionais existentes, pois o que muda são lâmpadas, os layouts em sua grande maioria não precisam ser modificados. (EXER DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2009).

2.4. Atual Sistema Semafórico de Telêmaco Borba

Atualmente, o sistema semafórico da cidade de Telêmaco Borba conta com um total de 117 lâmpadas incandescentes comuns, das quais 53 são usadas para a sinalização vermelha, 32 para a amarela e 32 para a verde. Os semáforos da cidade são em sua maioria do tipo "I", composto de três módulos chamados de "porta-focos" de formato redondo empilhados no sentido vertical, sendo o inferior com lente colorida verde, o intermediário com lente amarela e o superior com lente vermelha. O número maior de lâmpadas da sinalização vermelha se explica pelo fato de que existem instalados e em funcionamento alguns semáforos do tipo "T", onde há dois "porta-focos" com lentes vermelhas na parte superior, conforme orienta o CTB já citado. Como o tempo de funcionamento de cada sinalização (vermelho, amarelo e verde) varia de acordo com o cruzamento em que está o semáforo, considerou-se, para fins de cálculo do tempo de funcionamento, os percentuais estimados para o período de 24 horas, como descritos na Tabela 2 a seguir:

Tipo de lâmpada	Incandescente VERMELHA	Incandescente AMARELA	Incandescente VERDE	Total
Tempo de funcionamento (%)	55	3	42	100

Tempo de funcionamento (horas/dia)	13,20	0,72	10,08	24
------------------------------------	-------	------	-------	----

FONTE: Lima (2008).

Tabela 2 – Tempo Regulamentado de funcionamento de lâmpadas incandescentes em semáforos.

Com o tempo de funcionamento estimado de acordo com a Tabela 2, juntamente as informações obtidas junto ao órgão da prefeitura de Telêmaco Borba responsável pelo levantamento, foi possível realizar o cálculo estimativo dos valores relativos à potência instalada e ao consumo de energia das 117 lâmpadas utilizadas no sistema semafórico atual da cidade, conforme a Tabela 3 abaixo:

Tipo de lâmpada	Atual Sistema Semafórico			Total
	Incandescente VERMELHA	Incandescente AMARELA	Incandescente VERDE	
Tempo de funcionamento (horas/dia)	13,20	0,72	10,08	24
Quantidade	53	32	32	117
Potência (W)	60	60	60	-
Potência instalada (kW)	3,18	1,92	1,92	7,02
Energia consumida (kWh/ano)	15,32	0,50	7,06	22,89

FONTE: Valores calculados a partir dos dados da Tabela 2.

Tabela 3 – Consumo de Energia para o Atual Sistema Semafórico com lâmpadas incandescentes.

No que diz respeito ao custo de manutenção, o órgão da prefeitura de Telêmaco Borba responsável não forneceu dados precisos, entretanto, conforme afirma EXER Desenvolvimento Sustentável (2009), as lâmpadas incandescentes convencionais nos sistemas semafóricos determinam elevados custos de mão-de-obra de substituição, tendo em vista que, dada a vida útil dessas lâmpadas não exceder 1.000 horas, quase todas têm que ser substituídas em período médio de 5 a 6 meses. Ao custo da lâmpada propriamente dito, somam-se os altos custos dos serviços especializados, veículos e equipamentos especiais, e, evidentemente, os dos transtornos provocados por deficiências e paralisações do sistema de sinalização de trânsito.

2.5. Proposta de Sistema Semafórico para Telêmaco Borba

Para o sistema semafórico proposto com módulos de LED foi escolhido o módulo da empresa GlixLEDS Illuminate, que possui dimensões de 200 mm e 300 mm do tipo “I”, considerando-se a potência de 10W para a lâmpada vermelha e 6W para as lâmpadas amarela e verde, bem como as características abaixo:

- Armadura: material plástico, e forma de cone;
- Diâmetro aproximado na abertura 190 mm (275 mm), aprox. 45 mm (50 mm) de alto. A abertura da armadura possui uma cobertura a modo de tampa sobre a que estão montados os LEDs;
- Fonte luminosa: LEDs, luz de cor, montados sobre placas;

- d) Quantidade: 127 LEDs para o modelo 200 mm; 217 para o modelo 300 mm;
e) O conjunto opera com tensão alternada de 110 V/220 V.

A Tabela 4 abaixo, descreve os valores estimados de potência total instalada e consumo de energia, considerando os dados do módulo focal de LED adotado, e estimando que todas as 117 lâmpadas incandescentes comuns de 60W dos semáforos do sistema atual fossem substituídas por este módulo adotado. Assim, o sistema proposto seria formado por 53 módulos focais de LED de 10W de potência para sinalização vermelha e 32 módulos LED de 6W de potência para a sinalização amarela e 32 módulos de LED, também de 6W de potência, para a sinalização verde.

Tipo de lâmpada	Proposta de Sistema Semafórico			Total
	Módulo de LED VERMELHA	Módulo de LED AMARELA	Módulo de LED VERDE	
Tempo de funcionamento (horas/dia)	13,20	0,72	10,08	24
Quantidade	53	32	32	117
Potência (W)	10	6	6	
Potência instalada (kW)	0,53	0,19	0,19	0,91
Energia consumida (kWh/ano)	2,55	0,05	0,71	3,31

Tabela 4 – Consumo de Energia para a Proposta de Sistema Semafórico com lâmpadas de LED.

2.6. Comparação entre o Atual Sistema e o Sistema Proposto

Com a implementação do sistema proposto, haverá uma redução no consumo de energia anual superior a 85%, o que demonstra a efetividade da alternativa como contribuinte à eficiência energética, conforme demonstra a Tabela 5, a seguir:

Atual Sistema Semafórico	
Potência instalada (kW)	7,02
Energia consumida (kWh/ano)	22,89
Sistema Semafórico Proposto	
Potência instalada (kW)	0,91
Energia consumida (kWh/ano)	3,31
Resultado (Atual Sistema - Sistema Proposto)	
Potência instalada (kW)	6,11
Energia consumida (kWh/ano)	19,58

FONTE: Valores obtidos a partir de dados das Tabelas 3 e 4.

Tabela 5 – Comparação entre o Atual Sistema e o Sistema Proposto.

Além da redução de demanda e da energia elétrica consumida, a adoção dos módulos veiculares de LED, resultaria em uma grande economia de recursos com os serviços de manutenção das lâmpadas do sistema atual. Estima-se que esses serviços, no sistema proposto, sejam reduzidos para menos de 20 substituições de módulos queimados ou avariados por ano, contra 80 substituições de lâmpadas incandescentes que são realizadas anualmente no sistema atual. Já os módulos semafóricos a LED são compostos por várias lâmpadas de LED, que operam de maneira independente umas das outras. Então, a queima de uma lâmpada de LED não afeta totalmente a transmissão do sinal luminoso. Além disso, o módulo semafórico a LED proposto tem uma vida útil de cerca de 50.000 h, contra 1.000 h das lâmpadas do sistema atual, o que significa um período de cerca de 60 meses sem a necessidade de substituição de módulo.

3. Conclusão

Os cálculos de potência instalada e energia consumida, bem como os dados sobre a vida útil dos sistemas semafóricos, demonstram claramente a viabilidade técnica da implantação do sistema semafórico de LED's. Ainda que nos cálculos tenham sido desconsiderados os gastos com manutenção do sistema atual e do sistema proposto, é possível afirmar, que tais gastos seriam consideravelmente reduzidos, uma vez que a vida útil do módulo semafórico do sistema proposto é 50 vezes superior às lâmpadas incandescentes utilizadas no sistema atual. Portanto, as despesas com serviços de manutenção tenderiam a diminuir, visto que o espaço de tempo entre um serviço e outro seria mais elevado. Os resultados obtidos, são embasados pela bibliografia consultada, e demonstram a viabilidade técnica da implantação dessa tecnologia para a cidade de Telêmaco Borba, dado sua elevada eficiência energética em relação às lâmpadas incandescentes. O fato de existirem poucos fabricantes ou mesmo distribuidores de módulos de semáforos de LED no Brasil, dificultou a possibilidade de comparação entre os diversos modelos, principalmente relativo ao custo de aquisição dos mesmos. Contudo, as vantagens da adoção de LED's em semáforos ainda são muitas, mesmo para uma cidade como Telêmaco Borba que conta com poucos semáforos, quando comparada frente a grandes cidades. Caso a Prefeitura adote esta tecnologia, terá uma grande redução de gastos com energia e manutenção no decorrer do tempo, possibilitando dessa forma que recursos gerados pela economia do sistema, sejam alocados para outros setores do município carentes de investimentos.

Referências

BASTOS, F. *Análise da Política de Banimento de Lâmpadas Incandescentes do Mercado Brasileiro.* Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. p. 9-18. Disponível em: < http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/felipe_bastos.pdf. > Acesso em: 20 set. 2014.

EXER DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: LED (Light Emitting Diode), 2009. Disponível em: < <http://www.exer.com.br/apresentacoes/LED.pdf>. > Acesso em: 22 set. 2014.

LIMA, A. L., et al. *Uso de Leds de Semáforos de Trânsito: Um Estudo da Viabilidade Técnico-Econômica.* Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Paraná Curitiba – Paraná – Brasil. 2008. Disponível em: < <http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/40.pdf> > Acesso em: 7 set. 2014.

PINTO, R. A. Projeto de implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz LED. Dissertação do Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Processamento de Energia: Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Santa Maria. (UFSM, RS). 2008. p. 24-42. Disponível em: < <http://www.cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde.../RAFAELADAIEMPINTO.pdf>. > Acesso em: 15 set. 2014.

RANGEL, M. G.; SILVA, P. B.; GUEDES, J. R. A. LED: Iluminação de Estado Sólido. São José dos Campos: 2009. Disponível em: < http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0508_0224_01.pdf > Acesso em: 17 set. 2014.

SEMÁFORO LED. Datasheet. Disponível em: < <http://www.glixleds.com.ar/> >. Acesso em: 24 set. 2014.