

O Emprego de Tecnologia LED na Iluminação Pública – Seus Impactos na Qualidade de Energia e no Meio Ambiente

Gianelli B F, Mestre Unesp; Silveira M C F, Mestranda Unesp;

Thaumaturgo L R Y, Doutoranda Unesp; Astorga O A M, Livre Docente Unesp; Filho M B M, Sisvoo.

Resumo --Atualmente grande parcela da iluminação pública brasileira concentra-se em lâmpadas de mercúrio, vapor de sódio, multivapores metálicos ou fluorescente. Dados da ABILUX indicam que anualmente são retiradas de uso 49 milhões de lâmpadas em todo o mundo, adotando-se uma média de 21 mg de mercúrio por lâmpada, possui-se um potencial poluidor de 1.000 kg de mercúrio por ano.

Deve-se levar em conta também que, as luminárias empregadas na iluminação pública, espalham uma parcela da luz emitida para as regiões superiores e laterais da luminária, reduzindo sua eficiência e causando a chamada luz intrusa, que invade locais próximos ao ponto de iluminação, acarretando em um desconforto pelo privamento da escuridão absoluta.

Este trabalho visa realizar uma comparação entre o emprego da tecnologia LED na iluminação pública com as demais tecnologias existentes e seu impacto, tanto no que se refere a qualidade da energia, como na redução do impacto ambiental.

Palavras Chaves – Iluminação Pública, Lâmpadas LED, Meio Ambiente, Qualidade de Energia.

I. INTRODUÇÃO

A iluminação pública é uma das armas fundamentais para a valorização das áreas urbanas, do turismo, do comércio e do lazer noturnos, contribuindo assim para o desenvolvimento social e econômico da população.

Quando bem elaborada inibe a criminalidade, destaca e valoriza os monumentos, prédios, praças, áreas de lazer e parques, assim como facilita a organização do sistema viário de uma cidade.

Segundo levantamento realizado pelo PROCEL / ELETROBRAS em 2008 [1], a iluminação pública no Brasil corresponde a aproximadamente 4,50% da demanda nacional e a 3,00% do consumo total de energia elétrica do país, ou seja, o equivalente a uma demanda de 2,2 GW e a um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano. Neste mesmo levantamento, constatou-se que havia aproximadamente 15 milhões de pontos de iluminação pública instalados no país, sendo que a região sudeste concentra a maior quantidade desses pontos de iluminação, cerca de 45% do total.

Em relação aos tipos e quantidades de lâmpadas instaladas no Brasil [1], destinadas a iluminação pública, um estudo da Eletrobrás de 2009, denota que as de vapor de sódio de alta pressão (VSAP) e as de vapor de mercúrio (VM) nas potências de 80, 125, 250 e 400 Watts são as mais empregadas, principalmente em trevos rodoviários, cruzamentos de vias, grandes avenidas e acessos a rodovias. (TABELA I).

TABELA I DISTRIBUIÇÃO DE LÂMPADAS DE IP INSTALADAS NO BRASIL

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Porcentagem
Vapor de Sódio	9.294.611	62,93%
Vapor de Mercúrio	4.703.012	31,84%
Mista	328.427	2,22%

Incandescente	210.417	1,42%
Fluorescente	119.535	0,81%
Multi-Vapor Metálico	108.173	0,73%
Outras	5.134	0,03%
Total	14.769.309	100,00%

As lâmpadas de vapor de mercúrio (VM) se destacam por seu bom rendimento cromático e vida útil (18 mil horas), mostram-se ainda atrativas pelo seu custo inicial relativamente baixo, mas deixam a desejar quanto ao rendimento luminoso, pois sua eficiência luminosa é de 50 lm/watt. Já as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP), iluminam duas vezes mais do que as de vapor mercúrio para uma mesma potência, embora sua vida útil seja de 18 mil horas, sua eficiência luminosa é de 120 lm/watt.

No decorrer da década de 80, acompanhando a evolução da tecnologia, a prefeitura da cidade de São Paulo começa a substituir as lâmpadas de vapor de mercúrio (VM) pelas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP). Hoje São Paulo é uma das cinco maiores cidades do mundo e sua iluminação é igualmente grandiosa, com cerca de 560 mil lâmpadas, distribuídas através de uma rede exclusiva que cobre uma extensão de aproximadamente 17 mil km, equivalente a distância do Brasil ao Japão e com um consumo mensal igual a 10% da produção de uma turbina de Itaipu, em torno de 49 GWh [2].

II. A TECNOLOGIA LED COMPARADA COM OUTRAS TECNOLOGIAS.

A qualidade e a eficiência energética são alguns dos pontos centrais de pesquisa e melhoramento de muitas concessionárias de energia elétrica, sendo que o emprego de tecnologia LED, principalmente no que diz respeito a iluminação pública, pode vir a contribuir significativamente na melhoria desses resultados.

A evolução da tecnologia LED, conforme denotada na Fig. 1, iniciou-se em 1961 com um diodo emissor de infravermelho, sendo que em 1962 a tecnologia LED foi empregada pela primeira vez para emissão de luz visível; na década de 70 a mesma passou a ser comercialmente viável, sendo que os primeiros LED's de alta luminosidade (HB LED) foram desenvolvidos nos anos 80; os LED's de luz azul, ou "cool LED" foram desenvolvidos em 1993 e os "Power LED's" entram no mercado já no século XXI, sendo que em alguns estudos sua potência já alcançou patamares de 50 W [3].

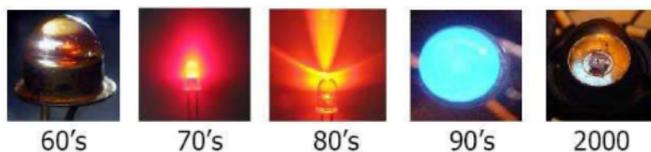


Fig. 1. Evolução da tecnologia das lâmpadas LED's.

Os componentes básicos de uma lâmpada LED são: lente plástica protetora; eletrodo, fio de ouro e conexão; dissipador de calor; silicone para proteção contra descargas eletrostáticas e o chip LED (Fig. 2) [4].

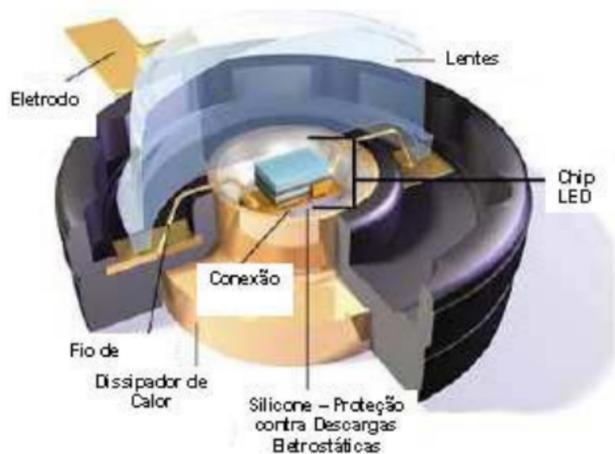


Fig. 2. Componentes básicos de um LED.

A Fig. 3 evidencia claramente a evolução da tecnologia em comparação a outras já existentes no mercado e também deixa claro suas limitações atuais. Os “Power LED’s” de luz visível já se tornaram competitivos, em termos de eficiência luminosa, se comparados a lâmpadas incandescentes, halógenas e de mercúrio, no entanto ainda dista significativamente das lâmpadas de fluorescentes e de multivapores metálicos. Embora o emprego da tecnologia LED ainda possua alguns desafios a serem vencidos, principalmente no que diz respeito ao seu alto custo inicial e na regulamentação de sua fabricação, a mesma apresenta grandes vantagens, tais como a qualidade de sua luz e sua eficiência energética [5].

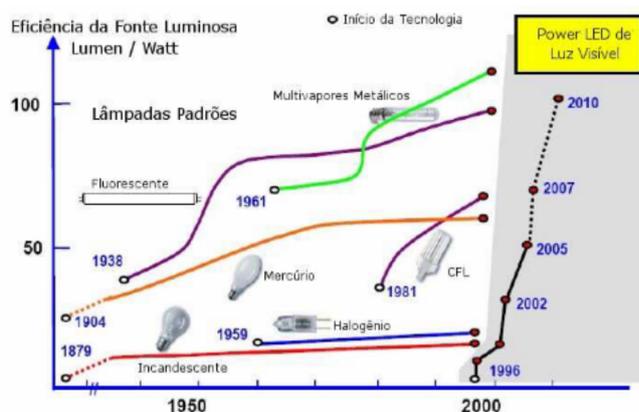


Fig. 3. Comparativo de eficiência luminosa entre os “Power LED’s” e outras tecnologias

Essa mesma eficiência energética é denotada em um estudo comparativo entre uma lâmpada HID e um LED de luz visível (Fig. 4), por esse estudo é possível notar que para a mesma eficiência de iluminação faz-se necessário uma capacidade luminosa por potência maior na lâmpada HID, se comparada ao LED [3].

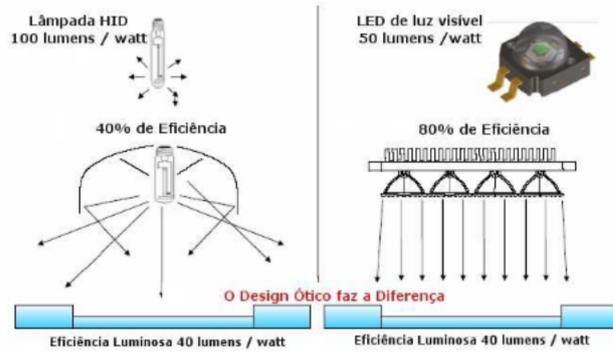
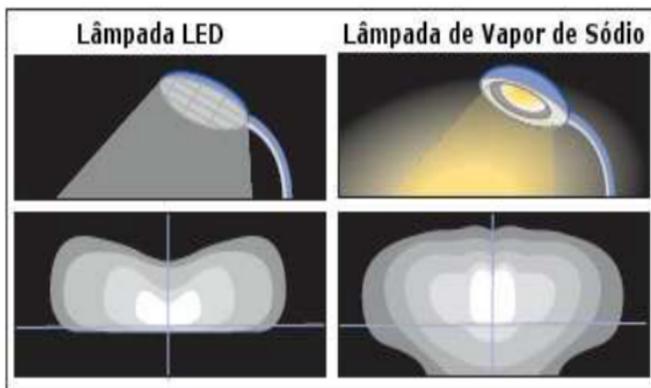


Fig. 4. Comparativo de eficiência luminosa entre os “Power LED’s” e outras tecnologias

Isso se deve ao processo de espalhamento que ocorre nas lâmpadas convencionais empregadas na iluminação pública, pelo qual parte da luz emitida não é direcionada para a principal região a ser iluminada (Fig. 5), causando assim uma poluição luminosa [6].



Em estudo realizado nesse ano no Laboratório de alta tensão, qualidade de energia e eficiência energética (LATQEEE) da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG – UNESP), utilizando um luxímetro Chroma meter CL200 Konica Minolta, levantou-se o espalhamento de uma luminária LED em relação ao centro da mesma (GRÁFICO II)

GRÁFICO II ILUMINÂNCIA MÉDIA (LUX) X DISTÂNCIA AO CENTRO DA LUMINÁRIA (M)

Iluminância média (LUX)
120 100 80 60 40 20 0

94 96 95 92 88

94 96 95 92 88

85 79 69

60 51

Distância (m)

Através do mesmo, constatou-se que para distâncias inferiores a 6,0 metros do centro da luminária, a iluminância média (Lux) atende a norma NBR 5101 [7], que trata da iluminância das vias para tráfego de veículos, de forma mais que satisfatória, tendo em vista que para vias de tráfego intenso a iluminância média mínima requerida é de 30 Lux (TABELA II).

TABELA II

ILUMINÂNCIA MÉDIA (LUX) DE ACORDO COM A VIA DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS (NORMA NBR 5101)

Descrição da Via	Iluminância Média Mínima (Lux)
Vias expressas; Vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; Vias de trânsito rápido em geral; Auto-estradas.	
Volume de tráfego intenso	30
Volume de tráfego médio	20
Vias arteriais; Vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; Vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; Vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo.	
Volume de tráfego intenso	30
Volume de tráfego médio	20
Vias coletoras; Vias de tráfego importante; Vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com	
Volume de tráfego intenso	20
Volume de tráfego médio	15
Volume de tráfego leve	10
Vias locais; Vias de conexão menos importante; Vias de acesso residencial	
Volume de tráfego médio	10
Volume de tráfego leve	5

A grande durabilidade de uma lâmpada LED, também deve ser levada, pois a mesma chega a exceder 50.000 horas de operação, o que corresponde a aproximadamente uma vida útil de 11 anos, com 12 horas de iluminação diárias, um número significativamente maior se comparado a de outras tecnologias, tais como a lâmpada incandescente (2.000 horas), a lâmpada de sódio (18.000 horas), lâmpada de mercúrio (18.000 horas) ou a lâmpada fluorescente (20.000 horas). Isso implica em uma grande redução no custo de manutenção dessas lâmpadas, assim como na quantidade de resíduos gerados [5].

A Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX), informa que anualmente são retiradas de uso no mundo um total de 49 milhões de lâmpadas, adotando-se como base uma média de 21 mg de mercúrio por lâmpada, possui-se um potencial poluidor de aproximadamente 1.000 kg de mercúrio [8].

Segundo dados obtidos da concessionária AES Eletropaulo, a mesma descartou no decorrer do ano de 2008 um total de 34.185 lâmpadas empregadas na iluminação pública, representando assim um descarte de aproximadamente 0,715 kg de mercúrio, apenas na área abrangida por essa concessionária.

III. A TECNOLOGIA LED E SEU POTENCIAL DE MERCADO.

Dados de 2005 o mercado estimado da tecnologia LED girava ao redor de US\$ 4,0 bilhões, sendo que 6% desse total, ou seja US\$ 240 milhões, seriam de sua aplicação na iluminação pública. Um estudo realizado recentemente e apresentado no congresso LED4EUROPE EVENT 2007 indica uma perspectiva futura de crescimento desse mercado para US\$ 8,2 bilhões para o próximo ano de 2010, considerando que a parcela correspondente a seu emprego na iluminação pública seria de aproximadamente 13,00% do valor total, ou US\$ 1,07 bilhões (TABELA III) [9].

TABELA III MERCADO DE LED DE ALTA LUMINOSIDADE

Divisão de Mercado por aplicação	2005	2010
Celulares	52,00%	28,00%
Displays e Sinais Luminosos	14,00%	34,00%
Automóveis	14,00%	13,00%
Sinalização	2,00%	1,00%
Iluminação Pública	6,00%	13,00%
Outros	12,00%	11,00%
Mercado Total	US\$ 4,0 bi	US\$ 8,2 bi

A TABELA IV apresenta uma comparação entre uma lâmpada LED e uma lâmpada de vapor metálica, ambas empregadas em iluminação pública, pela mesma é possível notar que mesmo sendo o custo de implementação da tecnologia LED relativamente superior ao das atuais tecnologias, é possível notar que no decorrer de sua vida útil, 11 anos, a mesma acaba por se amortizar, tornando-se assim competitiva.

Segundo um levantamento realizado pela ABILUX, a cidade de São Paulo possui cerca de 530 mil pontos de iluminação pública [8]. Baseando-se no custo operacional da TABELA IV, isso significa que no decorrer de 11 anos, além do maior consumo de energia, todos esses pontos serão trocados ao menos 3 vezes, gerando um custo operacional total para o município de, aproximadamente, R\$ 828 milhões, ao passo que a tecnologia LED implicaria em um custo operacional de R\$ 371 milhões.

TABELA IV DADOS COMPARATIVOS PARA ANÁLISE DE RETORNO DE INVESTIMENTO

Descrição	LED	Vapor Metálico
Lumens	2.800	5.000
Durabilidade (h)	50.000	18.000
Necessita reator / ignitor	não	sim

Operação da Tecnologia

Consumo mensal (kW) por unidade	14,4	30,88
Valor do consumo mensal (R\$)	R\$ 5,04	R\$ 10,81
Custo da energia para 50.000 h (R\$)	R\$ 700,56	R\$ 1.502,59
Trocas em 50.000 h. ou 139 meses	0	3
Valor total estimado das trocas	R\$ 0,00	R\$ 60,00
Custo operacional em 50.000 h	R\$ 700,56	R\$ 1.562,59

Custo de Implementação da Tecnologia	R\$ 1.100,00	R\$ 250,00
---	---------------------	-------------------

Custo Total (Operação e Implementação)	R\$ 1.800,56	R\$ 1.812,59
---	---------------------	---------------------

IV. A TECNOLOGIA LED COMO “PROMESSA VERDE”. A iluminação LED é vista como a próxima promessa verde dentre as tecnologias que propiciam baixa poluição e alta eficiência energética, justamente por isso ela é considerada como a “iluminação verde”. Dentre as vantagens ambientais apresentadas pela mesma podemos citar a diminuição do consumo de energia elétrica em comparação com as outras tecnologias, reduzindo assim a necessidade de construção

de novas usinas, sejam elas hidrelétricas, poupando o meio ambiente de áreas devastadas, ou sejam elas usinas termoelétricas, poupando assim recursos não renováveis. Estudos sugerem que a conversão completa para a tecnologia LED diminuiria em pelo menos 50% as emissões de CO₂ a partir do uso de energia elétrica para iluminação pública em pouco mais de 20 anos. Segundo um recente relatório da consultoria McKinsey & Company, a iluminação pública por lâmpada LED é o mais rentável de uma série de métodos simples para combater o aquecimento global dentre as tecnologias existentes, como exemplo podemos citar a cidade de Austin, nos Estados Unidos, que com a instalação de luminárias a LED, para uso na iluminação pública, deixará de emitir 4.600 t de dióxido de carbono [10]. Se todas as lâmpadas incandescentes dos EUA fossem convertidas de 60 W, para lâmpadas a LED de 10 W, o que corresponde a mesma eficiência energética, a economia prevista seria de aproximadamente 34 TWh em um ano, evitando assim a emissão de 5,6 milhões de toneladas de CO₂, esta energia poupada seria suficiente para iluminar a cidade de Las Vegas durante dois anos seguidos [11]. Outro fator importante é que a iluminação a LED não emite luz ultravioleta, sendo ideal para iluminar obras de arte, pinturas e livros, pois evita o envelhecimento precoce dos mesmos [3]. A iluminação artificial que emite luz ultravioleta também

pode atrair insetos que transmitem doenças ao homem, como a leishmaniose e a doença de Chagas, sendo que podemos citar os casos de contaminação por doença de Chagas acontecidos em fevereiro e março de 2005 em Santa Catarina. A iluminação de vapor de mercúrio de uma venda de beira de estrada fazia o barbeiro, transmissor a doença, se esconder no depósito de cana usada para a produção de garapa, provocando

a.

o contágio, sendo que no total, 12 pessoas foram contaminadas ao tomarem caldo de cana. Alguns pesquisadores sugerem que medidas de controle da iluminação sejam adotadas pelos grandes projetos de distribuição e conservação de energia elétrica, tais como o Luz Para Todos e o Programa de Eficiência da Iluminação Pública [Prolux], do governo federal.[12]

b.

De acordo com [12], as luminárias podem favorecer a contaminação da leishmaniose em regiões periféricas das grandes cidades, pois as mesmas atraem o inseto transmissor, que parasita cachorros e galinhas, levando assim a doença para

b.

o homem.

Outro ponto interessante é que a iluminação a LED não emite radiação infravermelha, essa radiação aquece o local aumentando custos do ar condicionado, diminuindo o conforto ambiental e quando reflete na superfície de leitura aumenta a fadiga visual [13].

V. CONCLUSÃO. Embora a tecnologia LED ainda necessite de evolução, principalmente no que se refere a padronização de sua fabricação, na melhoria de algumas características técnicas e no seu custo inicial, seu futuro mostra-se promissor, pois a popularização dessa tecnologia tenderá a reduzir ainda mais seu custo de fabricação, tornando-a mais competitiva. A adoção de lâmpadas LED's na iluminação pública irá estabelecer um novo patamar no que se refere a qualidade e eficiência energética desse setor, sendo que alguns conceitos terão que ser revistos, pois uma lâmpada LED possui uma maior eficiência de iluminação se comparada as tecnologias atuais, mesmo possuindo uma menor capacidade luminosa por potência, devido ao fato de seu baixo fator de espalhamento.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Eletrobrás–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, “Iluminação Pública no Brasil”. Acessado em 01/08/2009 e disponível em <http://www.eletrobras.gov.br/ELB/procel/main.asp?TeamID={EB94AEA0B206-43DE-8FBE-6D70F3C44E57}>.
- [2] Secretaria Municipal de Serviços, “Manutenção da Iluminação Pública”. Acessado em 01/08/2009 e disponível em <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/servicoseobras/ilume/0009>.
- [3] W. Braber, “LED working principles, electric, thermal and optical characteristics” apresentado no LED4Europe Event 2007, Brussels, Belgium, 2007.
- [4] P. Hansaler, “Optical Characterization of LEDs” apresentado no LED4Europe Event 2007, Brussels, Belgium, 2007.
- [5] L. Maghe, “Practical experience using LED for lighting and signage products” apresentado no LED4Europe Event 2007, Brussels, Belgium, 2007.
- [6] T. Whitaker, “On the verge: LEDs are ready to challenge incumbent light sources in the streetlighting market,” *LEDs Magazine Review*, issue 9, pp. 11-13, Out. 2006.
- [7] ABNT Procedimento para Iluminação Pública, ABNT NBR 5101:1992 Versão Corrigida:1998, 1998.
- [8] L. L. F. da Silva, “Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais” dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- [9] T. Whitaker, “LEDs for Illumination: A Growing Opportunity for the Lighting Sector ” apresentado no LED4Europe Event 2007, Brussels, Belgium, 2007.
- [10] K. Orth, “Cities realize the advantages of LEDs”, *LEDs Magazine Technology and applications of light emitting diodes*, issue 21, pp. 46-48, Jun. 2008.
- [11] B. Owen, “Ready, Set, Glow! Let the L Prize Competition Begin.”, *LEDs Magazine Technology and applications of light emitting diodes*, issue 21, pp 14, Ago. 2008.
- [12] J. Bernardes, “Controle de iluminação reduz contato com insetos transmissores de doenças”. Acessado em 01/08/2009 e disponível em <http://www4.usp.br/index.php/meio-ambiente/16506-controle-de-iluminacaoreduz-contato-com-insetos-transmissores-de-doencas>.
- [13] A. Lay-Ekuakille, G. Vendramin, M. Bellone, A. Carracchia, D. Corso, M. De Giorgi, A. Deodati, D. Laforgia, V. Pelillo, E. Petrachi, A. Sarcinella, A. Trotta, “Led-based Public Lighting System Reliability for a Reduced Impact on Environment and Energy Consumption”, Fourth International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices -SCI, Março 19-22, 2007 -Hammamet, Tunisia.

VII. BIOGRAFIA.

Prof. Me. Bruno Fernando Gianelli é mestre em Ciência e Tecnologia dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

– UNESP Campus Experimental de Sorocaba, graduado em engenharia mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina e desenvolve projetos na área elétrica através do projeto de incentivo de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (e-mail: brunogianelli@gmail.com).

Marcela de Cássia Fernandes Silveira é mestranda na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, no curso de Engenharia Mecânica, na área de Transmissão e Conversão de Energia, graduada em engenharia industrial Química pela

Universidade de São Paulo – USP e possui experiência em Gestão Ambiental (e-mail: marcelacassia@gmail.com).

Prof. Me. Leila Regina Youssef Thaumaturgo é doutoranda na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho -UNESP Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, possui mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade de Taubaté e é graduada em arquitetura e urbanismo pela Universidade de Taubaté (e-mail: leilayoussef@feg.unesp.br).

Prof. Dr. Oscar Armando Maldonado Astorga é Professor Dr. Livre-Docente do Departamento de Engenharia Elétrica – DEE – UNESP – Guaratinguetá, possui pós-doutorado em engenharia elétrica pela Università degli Studi di Padova, UNIPD, Itália, é doutor em engenharia elétrica pela Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI e é graduado como engenheiro eletricitista pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI. (e-mail: oscarama@feg.unesp.br).

Mauro Barbosa Martins Filho é engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI e diretor presidente da empresa SISVÔO.