



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

Eficiência Energética em Sistemas de Sinalização Semafórica no Município de Taubaté – Tecnologia LED

Rodrigo Schoneborn Nogueira	Thiago Lemme Lafalce	André Luiz Veiga Gimenes
EDP Bandeirante	EDP Bandeirante	EDP Bandeirante
rodrigo.nogueira@edpbr.com.br	thiago.lafalce@edpbr.com.br	gimenes@gmail.com

Palavras-chave

Eficiência Energética

LEDs

Semáforos

Taubaté

EDP Bandeirante

Resumo

Esse Projeto tem como objetivo demonstrar a aplicação de uma das mais modernas técnicas de iluminação, o LED (Light Emitting Diode) como alternativa de substituição das lâmpadas incandescentes de baixa eficiência utilizadas nas sinalizações semafóricas veiculares e pedestres na cidade de Taubaté/SP. O projeto promoveu a substituição de 1.564 lâmpadas convencionais por LEDs, gerando uma economia anual de 407,52 MWh com uma redução de demanda no horário de ponta de 54,93 kW. Os resultados demonstraram grandes benefícios econômicos e a efetiva viabilidade técnico-econômica dessa tecnologia para a composição de projetos de eficiência energética.

1. Introdução

O presente artigo busca descrever e apresentar o sucesso técnico e econômico obtido mediante a execução do Projeto de “Eficiência Energética em Sistemas de Sinalização Semafórica do Município de Taubaté/SP”, que integra o Programa de Eficiência Energética – PEE da Concessionária EDP Bandeirante, e atende ao estabelecido na Lei 9.991/00, de 24 de julho de 2000 e respectiva regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Neste artigo são explicitados os custos e desempenhos energéticos reais de forma a demonstrar inequivocamente a viabilidade técnica e financeira da utilização de lâmpadas LED em substituição às lâmpadas incandescentes semafóricas. Os dados de desempenho energético, apresentados para fundamentação da análise de Custo/Benefício, foram levantados mediante aplicação de processo de Medição e Verificação em concordância com o Protocolo Internacional de M&V, enquanto os custos apresentados são aqueles efetivamente praticados no mercado.

1.1 O Projeto Eficiência Energética em Sistemas de Sinalização Semafórica do Município de Taubaté/SP

O projeto ora apresentado teve como principal objetivo realizar a substituição de 1.532 lâmpadas de baixa eficiência utilizadas nos sistemas de sinalização semafóricas veiculares e pedestres por conjuntos de alta eficiência luminosa desenvolvidos com a tecnologia dos diodos emissores de luz (*light emitting diode*) - LEDs, uma das mais avançadas soluções de iluminação disponíveis, visando a implementação da eficiência energética e melhoria das condições dos serviços de sinalização semafórica, obtendo-se redução na demanda do horário de ponta estimada, otimizando o sistema elétrico da empresa, e também a diminuição do consumo de energia elétrica da prefeitura do município envolvido, permitindo o investimento dessa economia de recursos em atividades de maior prioridade e relevância em benefício das suas respectivas populações.

As metas energéticas e financeiras do projeto originalmente proposto são resumidas a seguir:

- 1) Substituição de 1.532 lâmpadas de baixa eficiência energética e luminosa por lâmpadas desenvolvidas com tecnologia LED ((Light Emitting Diode).
- 2) EE - Economia de Energia: 386,49 MWh/ano
- 3) RDP - Redução de Demanda no horário de Ponta: 44,12 kW
- 4) Investimento: R\$ 505.866,21
- 5) RCB – Relação Custo Benefício: 0,78

Para a Prefeitura de Taubaté, essa economia no consumo resultaria em uma redução na fatura anual de energia elétrica da ordem aproximada de R\$107.776,94, de acordo com a tarifa vigente do Grupo B - B3, de valor correspondente a R\$278,86/MWh, conforme a Resolução ANEEL nº 557/2007, de 23/10/2007.

2. Descrição e Detalhamento do Projeto

O projeto foi estruturado a partir de diagnóstico energético preliminar realizado junto à Prefeitura Municipal de Taubaté. Esse diagnóstico revelou a existência lâmpadas incandescentes de filamento reforçado – IFR com potências de 100W e 60W, utilizadas respectivamente nos Grupos Focais dos Sistemas Semafóricos Veiculares e Pedestres.

Para padronização de todos os sistemas, o projeto previu a substituição de todas as lâmpadas do parque semafórico.

Para a efetiva especificação e compra dos materiais foi realizada a etapa de diagnóstico energético detalhado. A execução do projeto foi orientada segundo as seguintes etapas:

- Constituição de Equipe Técnica responsável pelo projeto e pela sua implementação;
- Diagnóstico Energético Detalhado - Verificação e Atualização Cadastral do Sistema Semafórico Existente;
- Planejamento e Determinação dos Procedimentos Necessários para realização do Plano de Medição e Verificação dos Resultados;
- Especificação, Seleção técnica de Fornecedores e Aquisição dos materiais e equipamentos eficientes para os sistemas de sinalização semafórica;
- Administração, Classificação, Estoque, Logística e Distribuição dos Produtos (Lâmpadas Led´s e componentes auxiliares);
- Planejamento e Programação dos Serviços de Substituição das Lâmpadas em Campo.
- Instalação e Monitoramento em Campo dos Sistemas de Sinalização Semafóricas;
- Medição e Verificação dos Resultados.

- Administração e Acompanhamento do Projeto com Elaboração e Emissão de Relatórios de Acompanhamento Mensal, Final e M&V

2.1 Características dos Sistemas Semafóricos Existentes

Lâmpadas Incandescentes de Filamento Reforçado – IFR

As lâmpadas incandescentes utilizadas nos sistemas de sinalização semafórica veicular têm potência de 100W e nos sistemas de sinalização semafórica pedestre têm potência de 60W; possuem filamento reforçado especialmente projetado para resistir às vibrações de trânsito e uma vida útil média ligeiramente superior ao das lâmpadas incandescentes convencionais nas mesmas condições de operação.

A eficiência luminosa das lâmpadas incandescentes é reconhecidamente baixa; com potências de 60W e 100W situa-se entre 13 a 17 lumens por Watt (BORTONI, 2004) e têm vida útil estimada em cerca de 3.000 (três mil) horas (RAMOS, 2005).

Nas tabelas 1 e 2 são apresentadas as quantidades e características energéticas das lâmpadas veiculares e de pedestres verificadas em diagnóstico detalhado.

Tabela 1: Sistema de sinalização veicular verificado

Sistema de Sinalização Veicular				
Tipo de lâmpada	Lâmpada Incandescente (VERMELHA)	Lâmpada Incandescente (AMARELA)	Lâmpada Incandescente (VERDE)	Total
% de Acendimento	47,5	5	47,5	100
Quantidade	479	297	300	1.076
Potência – W	100	100	100	100
Demanda (kW)	47,9	29,9	30	47,9
Energia Consumida (MWh/ano)	199,3	13,01	124,83	337,15

Tabela 2: Sistema de sinalização pedestre verificado

Sistema de Sinalização Pedestre			
Tipo de lâmpada	Lâmpada Incandescente (VERMELHA)	Lâmpada Incandescente (VERDE)	Total
% de Acendimento	50	50	100
Quantidade	244	244	488
Potência - W	60	60	60
Demanda (kW)	14,64	14,64	14,64
Energia Consumida (MWh/ano)	64,12	64,12	128,25

Assim sendo, o parque verificado apresentou **62,54 kW** de demanda e consumo anual de **465,40 MWh**.

2.2 Características do Sistema Semafórico Segundo a Solução Tecnológica Proposta

Lâmpadas LED do Tipo “Bolacha”

A substituição das lâmpadas incandescentes pela alternativa representada pelos conjuntos desenvolvidos com a tecnologia dos diodos emissores de luz - LEDs revela-se como a mais vantajosa da atualidade, considerando-se a já comprovada alta eficiência obtida com essa solução.

As chamadas lâmpadas LEDs são constituídas fundamentalmente por um conjunto que pode variar de menos de uma dezena a mais de 300 LEDs, inseridos em um suporte, disco ou placa, uma lente que permita a uniformização do brilho em toda a coroa circular e, geralmente, um conversor de corrente alternada/corrente contínua. A potência de uma lâmpada LED pode variar entre 6 e 8 W para as setas direcionais e de 10 a 15 W para a chamada cor cheia. As economias de energia conseguidas com esta nova tecnologia são da ordem de aproximadamente 90% em relação à solução tradicional constituída por lâmpadas incandescentes. O tempo de vida útil deste tipo de lâmpadas é de aproximadamente 100.000 horas, reduzindo significativamente os custos de manutenção quando em substituição a lâmpadas incandescentes, com vida útil estimada em 3.000 horas. O longo tempo de vida útil permite grande confiança no equipamento. Como a temperatura de funcionamento de uma lâmpada de LEDs é muito baixa, as necessidades de limpeza são menores porque a "atração" ao pó é tanto menor quanto menor for a temperatura de funcionamento.

Outra característica que aumenta a confiabilidade nessa tecnologia é a temperatura ambiente de funcionamento, que pode ir de -40°C a até $+74^{\circ}\text{C}$ e índices de umidade relativa de 70%, permitindo a sua instalação em locais dos mais adversos.

O fato da lâmpada LED ser formada por vários elementos torna mais segura a sua utilização que a solução atualmente adotada. Em termos do conjunto que forma a lâmpada, a segurança da mensagem transmitida não é comprometida até que grande número de LEDs se apague; nos semáforos convencionais, quando a lâmpada incandescente se funde ou sofre avaria, o resultado é a ausência completa da mensagem.

Em termos de qualidade da informação transmitida aos utilizadores em condições adversas, esta nova tecnologia tem grandes vantagens sobre a convencional. Numa situação de Sol "baixo" e de acordo com testes realizados pelo Departamento de Transportes do Estado da Califórnia (Caltrans), quer no terreno quer em laboratório, o índice de reflexão da luz do Sol quando se encontra atrás do observador é 50% mais baixo na lâmpada de LEDs do que na convencional (SILVESTRE, NOGUEIRA & CATELLI, 2007).

Esta diferença permite na prática a eliminação da falsa impressão de uma lâmpada indevida estar ligada (efeito "fantasma"), evitando deste modo a hesitação do usuário, que pode provocar acidentes.

A eficiência luminosa, que nas lâmpadas incandescentes com potências de 60W e 100W situa-se entre 13 a 17 lm/W (lumens por Watt), nas lâmpadas LED's supera, na sua pior condição, 40 lm/W.

Tais inúmeras vantagens, aliadas às diversas experiências efetivadas nacional e internacionalmente, oferece a segurança para a implementação deste tipo de projeto, que apresenta potencial de grandes benefícios às populações envolvidas, ao setor elétrico e para o desenvolvimento e difusão de uma tecnologia inovadora e estrategicamente importante para o país.

Nas tabelas 3 e 4 são apresentadas as quantidades e características energéticas das lâmpadas veiculares e de pedestres segundo a proposta de substituição por LEDs.

Tabela 3: Sistema de sinalização veicular proposto

Sistema de Sinalização Veicular				
Tipo de lâmpada	Lâmpada LED (VERMELHA)	Lâmpada LED (AMARELA)	Lâmpada LED (VERDE)	Total
% de Acendimento	47,5	5	47,5	100
Quantidade	479	297	300	1.076
Potência – W	10	10	10	10

Demanda (kW)	4,79	2,97	3	4,79
Energia Consumida (MWh/ano)	19,9	1,3	12,5	33,7

Tabela 4: Sistema de sinalização pedestre proposto - verificado

Sistema de Sinalização Pedestre			
Tipo de lâmpada	Lâmpada LED (VERMELHA)	Lâmpada LED (VERDE)	Total
% de Acendimento	50	50	100
Quantidade	244	244	488
Potência – W	10	10	10
Demanda (kW)	2,44	2,44	2,44
Energia Consumida (MWh/ano)	10,69	10,69	21,3

Assim sendo, o parque proposto baseado em tecnologia LED, com quantidades verificadas, contaria com **7,23 kW** de demanda e consumo anual de **55,09 MWh**.

Dessa forma, as metas do projeto foram revistas para a nova quantidade de lâmpadas encontradas em diagnóstico detalhado:

- Substituição de **1.564 lâmpadas** convencionais por LEDS
- Economia anual: **410,31 MWh/ano**
- Redução de demanda elétrica no horário de ponta: **55,31 kW**

3. Execução

Visando maximizar a Relação Custo Benefício do projeto - RCB, foi firmado convênio entre a Bandeirante e a Prefeitura de Taubaté, onde à Prefeitura, coube, como contraparte do convênio, fornecer a mão-de-obra necessária à execução das intervenções no sistema semafórico da cidade (Figura1).

A execução do projeto ANEEL, coordenação das ações de campo e M&V ficaram a cargo da empresa Exer Desenvolvimento Sustentável.



Figura 1: Instalação de LEDs em Taubaté – Equipe Prefeitura Municipal

A execução do projeto transcorreu dificuldades expressivas.

A prefeitura municipal de Taubaté valeu-se da oportunidade oferecida pelo projeto e reformou as carcaças de todos os semáforos eficientizados. Esta ação agregou ainda mais valor ao projeto e, mesmo levando à necessidade de extensão do prazo de execução, não comprometeu nenhuma meta financeira prevista.

Além deste fator, houve a ocorrência de um lote de lâmpadas defeituosas, que exigiu desinstalação e troca junto ao fornecedor, o que também ocorreu sem prejuízos às metas financeiras e conseqüentemente à viabilidade do projeto.

4. Medição e Verificação de Resultados - M&V

A realização do processo de M & V para avaliar o desempenho energético do projeto foi compartilhada entre a Exer Desenvolvimento Sustentável e a EDP Bandeirante. Coube à Bandeirante a instalação de medidores e a coleta mensal de dados, e à Exer a leitura e interpretação dos dados (Figura 2).



Figura 2: Instalação Sistema de Medição – Equipe EDP Bandeirante

A metodologia utilizada seguiu as diretrizes do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, Volume 1, abril de 2007, EVO 10000-1:2007 (Br) – (EVO, 2010).

Segundo as opções do Protocolo, foi escolhida a metodologia do tipo B (Tabela 5).

As variáveis que afetam essas medidas são a potência dos LEDs e a regulagem de tempos entre as fases dos semáforos.

Tabela 5: Quadro Resumo do M & V

Ação	Descrição	Opção Utilizada	Resumo do Plano de M & V
Iluminação	Substituição de lâmpadas incandescentes de 100 e 60 W por lâmpadas LED de 10W	Opção B: medição de todos os parâmetros, energia, tempo, potência	Medição da energia e tempo de uso de conjunto de semáforos em período de tempo que proporcione número significativo de dados amostrais.

A opção B do Protocolo Internacional foi escolhida por se dispor de medidores eletrônicos capazes de medir a energia consumida e demanda utilizada em intervalos de 15 minutos, conforme resolução 456 da ANEEL. Entende-se que a potência dos LEDs seja uma variável de fácil de determinação, uma vez que são produtos padronizados e de desempenho bastante uniforme, além de que a quantidade instalada não irá variar ao longo das medições. O tempo total de uso é plenamente conhecido, já que os semáforos operam 24h/dia, não sendo utilizado o recurso do amarelo intermitente durante as madrugadas. A exceção neste caso se deve a possíveis diferenças da regulagem de tempo entre as fases dos semáforos, cujo ajuste nominal é apresentado nas Tabelas 1 e 2 (% Acendimento).

Isto ocorre porque, no semáforo tipo T existem duas lâmpadas no vermelho, de forma que há variação de potência entre as fases semaforicas. Sendo assim, as medidas foram feitas em grupos de semáforos para aferição desta regulagem e de sua confiabilidade mediante valores médios.

Foram medidas concomitantemente a energia consumida, as horas de uso e respectivas potências instantâneas em intervalos de 15min. As medidas foram realizadas em dois conjuntos distintos de semáforos da cidade em um total de 61 lâmpadas, ou 4% do total previsto no projeto.

Os circuitos escolhidos abrangem a totalidade de tipos e potências esperados nos demais semáforos da cidade e foram medidos de setembro a novembro de 2009, conforme detalhamento a seguir:

- Cruzamento da Av. Faria Lima com Av. Antonio Nascimento e Castro: 3 semáforos tipo T, 1 tipo I e 6 tipo pedestres, perfazendo 27 lâmpadas - medição pré retrofit de 19/09/09 a 15/10/09, quantidade de dados obtidos: 2.534 (energia e demanda); Medição pós retrofit: 1104 dados (energia e demanda).
- Cruzamento da Av. Charles Shinneider X Shopping: 5 semáforos tipo T, 2 tipo I e 4 tipo pedestre, totalizando 34 lâmpadas - medição pré retrofit de 23/09/09 a 15/10/09, quantidade de dados obtidos: 2.156 (energia e demanda). Medições pós-retrofit: 588 dados (energia e demanda);

Foram instalados medidores eletrônicos aferidos e certificados para efeitos de faturamento, modelo SAGA1000, capaz de medir a demanda real da instalação e a energia em intervalos de 15 minutos em conformidade com as normas NBR 14520, NBR 14519 e RTM.

4.1 Medições Pré-retrofit

Na Tabela 6 são apresentados os resultados consolidados para os dois cruzamentos na condição PR-e-retrofit.

Tabela 6: Medições consolidadas pré-retrofit

Soma das medições			
medido	kWh/período		kW
	Total	medido	
		18.115,55	2.067,99
	EP	1,04	0,00
	Z	1,96	1,96
	Precisão absoluta	2,04	0,00
	Precisão relativa	0,011%	0,000%
previsto	Total	kWh/previsto	kW
		18.220,80	2.080,00
Lâmpadas		61	61,00
		4,15%	4,15%
medido/previsto		99,42%	99,422%

A quantidade de medidas efetuadas permitiu atingir uma precisão de 0,011% com intervalo de confiança de 95%.

A potência total dividida pelo número de lâmpadas fornece a potência média por foco semaforico na condição pré-retrofit. Os valores teóricos (100W ou 60W) foram ajustados de acordo com o percentual de 99,42%.

4.2 Medições Pós Retrofit

As medições foram realizadas nos dois diferentes cruzamentos conforme proposta original do M&V.

Na tabela7 têm-se os resultados das medições pós-retrofit.

Tabela 7: Medições totais consolidadas – pós-retrofit

Soma das medições			
medido	Total kWh/ ano	2.218,65	kW 253,27
	EP	0,13	0,001
	Z	1,96	1,96
	Precisão absoluta	0,26	0,00
	Precisão relativa	0,012%	0,001%
previsto	Total kWh/ano	2.172,48	kW 248,00
Lâmpadas		61	61,00
		4,15%	4,15%
medido/previsto		102%	102%

Percebe-se que as medições pós-retrofit confirmam a previsão do projeto, tendo apresentado consumo e demanda com valores 2% acima do nominal, valor plenamente satisfatório.

4.3 Extrapolação das Medições Pós-Retrofit ao Universo Total de Lâmpadas

Das Tabelas 3, 6 e 7 pode-se calcular o resultado pós-retrofit ajustado para as quantidades e desempenho energético medido nas condições pré e pós retrofit.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados previstos e ajustados do projeto.

Tabela 8: Economias Anuais Propostas e Efetivas - Resumo

	Consumo anual de Energia (kWh/ano)	Demanda (kW)
Linha de Base pré-retrofit ajustada - quantidade	465,40	62,54
Linha de Base pós-retrofit - ajustada - quantidade	55	7,23
Economias propostas ajustadas - quantidade	410,31	55,31
Economias propostas ajustadas – quantidades e medição pré-retrofit	407,52	54,93
Valores ajustados pelas quantidades e medições pré e pós-retrofit	407,08	54,89
Valores medidos/valores previstos	99,20%	99,22%

Portanto, conclui-se como sendo os valores efetivamente alcançados pelo projeto **407,08 MWh** de energia anual economizada e correspondente **54,89kW** de demanda retirada do horário de ponta.

5. Resultados Alcançados

O valor de investimento total previsto para o projeto, de **R\$ 505.866,21**, mediante negociações com fornecedores e outras medidas de economia, permitiu a sua realização com valor inferior ao previsto, totalizando **R\$460.986,43** (Tabela 9).

Tabela 9: Custos Projeto

Tipo de Custo	Situação	Custos Totais	
		R\$	%
CUSTOS DIRETOS	Previsto	480.666,25	95,02
	Realizado	442.225,15	95,93
CUSTOS INDIRETOS	Previsto	25.200,00	4,98
	Realizado	18.761,28	4,07
TOTAL	Previsto	505.866,25	100,00
	Realizado	460.986,43	100,00

A redução do valor de investimento (Tabela 9), não obstante o aumento do número de lâmpadas a serem substituídas e proporcional aumento em EE - Economia de Energia e RDP - Redução de Demanda no horário de Ponta (Tabela 8), melhoraram significativamente a atratividade do projeto, que foi refletida em RCB – Relação Custo Benefício mais positiva; ante uma previsão inicial de RCB = **0,78**, pôde-se obter uma RCB = **0,64**.

6. Conclusões

Os resultados do projeto, considerando-se as premissas do órgão regulador, são expressos pela Redução de Demanda no Horário de Ponta – RDP e pela Economia de Energia – EE. Neste sentido projeto aqui apresentado demonstrou resultados positivos bastante satisfatórios relativamente à regulamentação pertinente, com viabilidades técnica/econômica apuradas e demonstradas com as melhores práticas de medição e verificação.

Esses resultados, reproduzidos na Tabela 10 a seguir, são, por si, demonstrativos do atingimento das metas e objetivos do Programa que disponibiliza recursos para projetos de tal natureza que, por fim, objetiva otimizar o setor elétrico nacional em benefício de toda a sociedade brasileira.

Tabela 10: Custos Projeto

Resultados	
RDP	54,89 kW
EE	407,08 MWh/ano
Investimento Total	R\$ 460.986,43
RCB	0,64

Além dos benefícios intrínsecos ao que rege a boa execução do projeto, há outros, diretos e indiretos, que importa ressaltar, e procuramos sintetizar a seguir, por agente beneficiado.

Para o Setor Elétrico Nacional a RDP e EE obtidas contribuem para a otimização da operação do sistema elétrico existente, disponibilizando cargas para eventuais necessidades de remanejamento, e para postergar investimentos em novas fontes geradoras, liberando recursos para outras demandas da sociedade e preservando o meio ambiente, por mitigar a urgência por novas usinas, sejam hidroelétricas, térmicas ou outras, de qualquer modo, degradantes.

Para a Concessionária de Distribuição de Energia Elétrica os resultados do projeto contribuem para a postergação de investimentos relacionados à expansão do sistema distribuidor, redução da necessidade e otimização da aquisição de energia, melhoria do relacionamento com os clientes dos poderes públicos e da população diretamente beneficiada. A atualização cadastral dos sistemas semafóricos instalados, seguramente apurados e disponibilizados no âmbito do

projeto, com informações das respectivas quantidades e potências, permitem o faturamento preciso dessas instalações. A redução de consumo obtida contribui para uma melhor condição de adimplência do cliente e conseqüente melhor equilíbrio nas contas da concessionária. A visibilidade conquistada com o projeto, em ações positivas do ponto de vista da sustentabilidade, diretamente relacionada aos seus objetivos, contribui para a valorização de sua imagem junto à totalidade de seus clientes e ao mercado.

Para o Cliente, a Prefeitura Municipal de Taubaté, a economia de energia resultante da execução do projeto reduzirá as despesas da Prefeitura Municipal em R\$ 113.518,33/ano, com base no valor da Tarifa vigente à data de aprovação do projeto, de R\$278,86/MWh. Haverá também expressiva redução de despesas com os serviços de manutenção do sistema, dado que a vida útil das lâmpadas LED instaladas supera enormemente a das lâmpadas incandescentes substituídas. Essas reduções de despesas permitirão liberação de recursos para outros investimentos de interesse da população local e contribuirão para a manutenção da condição de adimplência.

A tecnologia instalada é determinante, também, de significativa melhoria na qualidade dos sistemas de sinalização semafórica, promovendo maior segurança no trânsito da cidade.

A atualização cadastral dos sistemas semafóricos instalados, seguramente apurados e disponibilizados no âmbito do projeto, com informações das respectivas quantidades e potências, permitirão um melhor planejamento e pagamento das despesas inerentes a esses sistemas de modo mais preciso.

7. Referências bibliográficas

BORTONI, Edson da Costa; in “Eficiência Energética na Indústria e Comércio” – DIEE Disseminação de Informações em Eficiência Energética – ELETROBRÁS/EFFICIENTIA/FUPAI, 2004.

RAMOS, Mário César Giacco - in “Semáforos a LED: - uma tecnologia viável ?”, trabalho apresentado no XVIII SNTPEE - Seminário Nacional de Produção e Transporte de Energia Elétrica, Curitiba, 2005.

SILVESTRE, Wagner Pereira; NOGUEIRA, Rodrigo Schoneborn; CATELLI, Silvia M. M. “Eficiência Energética em Sistemas de Sinalização Semafórica com Uso de Tecnologia LED – Projeto Implantado no Município de Guarulhos/SP”, Segundo Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, Vitória, ES 2007.

EVO – Efficiency Valuation Organisation - Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, Volume 1, abril de 2007, EVO 10000-1:2007 (Br) in http://www.evo-world.org/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=279&lang=pt, acesso em Abril de 2010.