



SISTEMA LED: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Paulo Vitor Sousa Stutz¹, Jean Carlos Araujo de Sousa², Natália Ueda Yamaguchi^{3*},
Luciana Cristina Soto Herek Rezende⁴, Hugo Eiji Imai⁵

¹Graduado em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional, FEITEP, Maringá, Paraná.

²Mestrando em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Maringá, PR, Brasil.

^{3*}Docente do Programa de Mestrado em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Maringá, PR, Brasil. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI. (natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br).

⁴Docente do Programa de Mestrado em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Maringá, PR, Brasil. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI.

⁵Docente do Centro Universitário de Maringá, UniCesumar, Maringá, PR, Brasil. Docente da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional, FEITEP, Maringá, PR, Brasil. Mestrando em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Maringá, PR, Brasil.

Recebido em: 22/09/2018 – Aprovado em: 23/11/2018 – Publicado em: 03/12/2018
DOI: 10.18677/EnciBio_2018B116

RESUMO

Tendo como foco o uso sustentável da energia elétrica, o presente trabalho analisou a eficácia do uso de tecnologia LED (diodo emissor de luz) na iluminação pública, considerando a eficiência energética e os aspectos financeiros, em termos de custos de aquisição e implantação, comparando com os tipos de lâmpadas convencionais, aplicadas atualmente nos sistemas de iluminação. O estudo foi realizado em um loteamento no município de Sarandi-PR, onde foi determinando a quantidade de pontos de luz e, a partir desses, comparou-se a possibilidade do uso de lâmpadas LED em relação a lâmpadas de vapor de sódio. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que é necessário um investimento inicial elevado ao optar-se pelo sistema LED, porém a maior economia mensal no consumo e custos de energia elétrica faz com que o retorno financeiro seja atingido em 18 meses. Portanto, pode-se inferir que o uso do LED na iluminação pública se mostrou vantajoso, com relação a eficiência energética, contribuindo com o desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética, Retorno financeiro, sustentabilidade.

LED SYSTEM: A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR PUBLIC LIGHTING

ABSTRACT

Focusing on the sustainable use of electric energy, the present work analyzed the effectiveness of the use of LED (Light Emitting Diode) technology in public lighting, considering energy efficiency and financial aspects in terms of acquisition and deployment costs, comparing with conventional lamps currently applied in lighting

systems. The study was carried out in a subdivision in the city of Sarandi-PR, and was determined the amount of light points and, from these, the possibility of using LED lamps in relation to sodium vapor lamps was compared. According to the results obtained, it was concluded that a high initial investment is required when choosing the LED system, but the greater monthly savings in consumption and electricity costs, lead to the financial return in 18 months. Thus, it can be inferred that the use of LEDs in public lighting proved to be advantageous, in relation to energy efficiency, contributing to sustainable development.

KEYWORDS: Energy efficiency, Sustainability, Payback.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável se apoia em três componentes: sustentabilidade econômica, social e ambiental. Caso haja a ausência de um desses componentes, não haverá desenvolvimento sustentável. O cenário brasileiro da matriz energética, do ponto de vista de sustentabilidade, apresenta uma situação bastante favorável. Em contraste com a matriz energética mundial, a matriz brasileira apresenta uma participação bastante significativa de energias renováveis (GOLDEMBERG, 2015). No Brasil, 74,6% do total da produção de eletricidade provém de energias renováveis representadas pela hidroeletricidade, biomassa e energia eólica (BRASIL, 2014).

Mesmo assim, existe a necessidade relevante de conservação de energia no país, considerando a limitação das fontes primárias, mesmo que grande parte seja gerada a partir de usinas hidrelétricas, que apesar de renovável não é inesgotável, uma vez que sofrem variações pluviométricas, com baixa precipitação de chuva nos últimos anos. Já existem sérios problemas hoje, na questão de geração de energia, e pensando futuramente haverá a necessidade de atender a todos. Sabendo-se que o sistema de abastecimento de energia não é infinito, é preciso preocupar-se com o consumo da mesma, procurando sempre utilizar os métodos que geram menos impactos ao meio ambiente (GOLDEMBERG, 2015).

Segundo Altoé et al. (2017), os diversos movimentos em defesa do meio ambiente, bem como os tratados relativos às mudanças climáticas, colocaram a questão da eficiência energética como um dos instrumentos centrais para a redução dos efeitos das emissões de gases. A destruição da camada de ozônio conduziu à percepção de que o aumento da eficiência conduz a uma forma econômica e ambientalmente favorável.

Para Empresa de Pesquisa Energética (EPE), nesta perspectiva, atualmente, o sistema de iluminação pública é um dos maiores consumidores de energia. Em 2016, no Brasil, foram gerados 460.829 GWh/ano. Desse montante, a iluminação pública foi responsável por 3,3% do consumo de energia elétrica, o que corresponde a 15.035 GWh/ano, enquanto na região Sul este percentual foi de 0,53%, correspondente a 2.446 GWh/ano, que acabam influenciando significativamente nas despesas anuais com energia (EPE, 2017).

A iluminação pública constitui um dos serviços prestados pelas prefeituras municipais às comunidades. Trata-se de um serviço relevante para obter melhoria na segurança no trânsito, na segurança pública e, conseqüentemente, no aumento da satisfação do contribuinte, inclusive em termos de conforto, beleza, entre outros. Portanto, a iluminação pública deve ser eficiente e bem distribuída, uma vez que está diretamente relacionada à qualidade de vida da população. Uma forma usual de melhorar a iluminação pública é a implementação de ações que compreendem a substituição de lâmpadas, reatores e luminárias por versões que se mostrem mais

eficientes (COPEL, 2018).

De acordo com Santos et al. (2015), atualmente, o mercado disponibiliza várias soluções e tecnologias que permitem obter melhoria na eficiência energética da iluminação, entre as quais inclui-se o sistema de LED, abreviação da designação inglesa de *Light Emmiting Diode*, ou simplesmente, diodo emissor de luz, de consumo de energia elétrica inferior aos das lâmpadas de descarga. Os sistemas de iluminação de LED apresentam elevado potencial de aplicação em razão de sua eficiência aliada ao bom desempenho luminotécnico, bem como ao impacto positivo ao meio ambiente.

Dessa forma, este estudo apresenta as vantagens do sistema de iluminação LED sobre a iluminação pública convencional, bem como a relação custo-benefício que envolve a substituição do sistema atual, buscando alternativas com maior eficiência energética sob a ótica da sustentabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um loteamento no município de Sarandi-PR, o qual possui 16 ruas, 199 lotes e 3 (três) áreas comuns, em uma área total de 121.000 m². Foi efetuado o levantamento de dados in loco, no qual se observou que a rede de distribuição pública de energia elétrica já havia sido implantada, obedecendo ao projeto aprovado na Companhia Paranaense de Energia (COPEL) o qual contemplava a distribuição da rede, carga elétrica, iluminação pública, de acordo com a Norma Técnica Copel 841001 (COPEL, 1999).

Após o levantamento, a posição dos postes foi mapeada, confirmando a quantidade de 93 luminárias a serem instaladas. Em projeto, foram padronizadas a instalação de luminárias com lâmpadas de descarga de vapor de sódio ou com luminárias de LED, de forma à atender a norma e a preferência do empreendedor.

Para a iluminação pública com lâmpadas de descarga de vapor de sódio foi escolhida a marca A, por ser uma marca bastante utilizada em ruas, avenidas, estradas, entre outros. Essas lâmpadas necessitam de uso de reator correspondente ao seu tipo e potência. Da mesma forma, para a iluminação pública utilizando sistema LED, foi selecionada a luminária da marca B, conforme características apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1: Características das lâmpadas escolhidas

MARCA	A	B
TIPO	VAPOR DE SÓDIO	LED
Índice de reprodução de cores (IRC)	<25	>75
Potência	250 W	120 W
Temperatura de cor	2.000 K	4.000 – 5.000 K
Tempo de vida útil	28.000 h (ovóide) – 32.000 h (tubular)	60.000 h

Para que fosse possível comparar os dois tipos de sistemas de iluminação, tanto com a lâmpada de descarga de vapor de sódio quanto para lâmpada LED, foram elaborados dois orçamentos, no qual foi possível comparar os valores de custo para implantação e custo mensal de consumo de energia, para então,

determinar o sistema mais viável a ser instalado. Para avaliar a viabilidade do investimento, foi utilizado como indicador o tempo de retorno, que relaciona um investimento inicial e calcula o tempo de retorno do mesmo. Para este caso o tempo de retorno analisou um período de 24 meses, com a justificativa de avaliar um retorno em curto prazo levando em consideração a vida útil do sistema LED.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados os quantitativos de materiais necessários para implantação de ambos os sistemas, as quais foram realizadas as cotações de valores para aquisição dos materiais e execução da mão-de-obra para implantação dos diferentes sistemas. Na Tabela 1 está apresentado o orçamento para o sistema de iluminação pública padrão do município de Sarandi-PR, com luminárias tipo rebaixadas, modelo São Paulo, com lâmpadas e reatores vapor de sódio de 250 W.

TABELA 1: Orçamento do sistema de iluminação pública com lâmpada vapor de sódio

Descrição	Un.	Qtde.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Rele foto eletrônico	Un.	93	23	2.139,00
Cabo de cobre 2 x 2,5 mm	m	480	4,8	2.304,00
Parafuso rosca dupla 300 mm	Un.	20	5,5	110
Parafuso rosca dupla 350 mm	Un.	70	6	420
Parafuso rosca dupla 400 mm	Un.	23	6,6	151,8
Arruela quadrada 38 mm	Un.	186	0,4	74,4
Conector perfurante 70 x 06 mm	Un.	192	7	1.344,00
Abraçadeira universal p/ fixação da luminária	Un.	186	45	8.370,00
Reator vapor de sódio 250 W	Un.	93	85	7.905,00
Lâmpada vapor de sódio 250 W	Un.	93	38	3.534,00
Luminária rebaixada São Paulo	Un.	93	185	17.205,00
Valor custo dos materiais				43.557,20
Mão de obra	US	291	40	11.640,00
Valor total do orçamento				55.197,20

Para definição da mão-de-obra, foi utilizado o método de US (Unidade de Serviço), padrão utilizado pela COPEL, onde têm-se que para instalação de uma luminária deste tipo é contabilizado aproximadamente 3,13 US, englobando a instalação completa com fixação e ligação de todos os componentes do sistema (COPEL, 2017).

Na Tabela 2 é apresentado o orçamento para iluminação pública com sistema de LED, utilizando a luminária anteriormente citada com potência de 120 W e braço reto de 1,50 metros para fixação da mesma aos postes. Neste orçamento, o sistema de definição de mão-de-obra foi o mesmo. No entanto, por ser um sistema de iluminação pública diferente do proposto na Tabela 1, a instalação deste tipo de luminária equivale a 2,5 US, também com instalação completa. Seu custo é inferior ao anterior por tratar-se de um sistema no qual não é necessária a utilização de reator, logo a dificuldade e tempo de instalação deste são menores.

TABELA 2: Orçamento de iluminação pública com sistema de LED

Descrição	Un.	Qtde.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Rele foto eletrônico	Un.	93	23	2.139,00
Cabo de cobre 2 x 2,5 mm	m	480	4,8	2.304,00
Parafuso rosca dupla 300 mm	Un.	20	5,5	110
Parafuso rosca dupla 350 mm	Un.	70	6	420
Parafuso rosca dupla 400 mm	Un.	23	6,6	151,8
Arruela quadrada 38 mm	Un.	186	0,4	74,4
Conector perfurante 70 x 06 mm	Un.	192	7	1.344,00
Braço reto 1,5 m	Pç.	93	130	12.090,00
Luminária de LED ST23 – 120 W	Pç.	93	1.200,00	111.600,00
Valor custo dos materiais				130.223,20
Mão de obra	US	233	40	9.300,00
Valor total do orçamento				139.523,20

Pode-se notar que, nos quantitativos de materiais do sistema de iluminação pública com lâmpadas vapor de sódio e o sistema de LED, a maioria dos materiais, os sete primeiros itens da Tabela 1 e 2 se repetem, e as quantidades ficaram inalteradas, pois os postes necessários para a implantação de luminárias não se alteram, bem como sua ligação a rede de distribuição secundária de energia elétrica.

As diferenças entre os sistemas são: a forma de fixação, sendo 44% mais caro o braço reto no sistema LED em relação à abraçadeira universal; a mão de obra, sendo 80% mais barata para o sistema LED; e principalmente o custo da luminária de LED que é 3,9 vezes maior que o custo da lâmpada vapor de sódio (lâmpada, luminária e reator), lembrando que o sistema LED apresenta a luminária completa, enquanto o sistema convencional utiliza luminária, lâmpada e requer um reator. Este resultado leva a um total do custo do sistema LED 2,5 vezes maior em relação ao sistema com lâmpada de vapor de sódio.

Para definir o custo mensal de cada sistema foi necessário utilizar a tarifa convencional de energia da Copel do subgrupo B4a, com valor final de R\$ 0,35210/kWh, impostos inclusos. Neste cálculo, foi considerada uma média de 12 horas de uso por dia em um mês padrão com 30 dias, acarretando em um tempo de vida útil do sistema superior a 166 meses. Utilizou-se a potência das 93 luminárias definidas como necessárias para o sistema de iluminação pública deste empreendimento, para ambos os sistemas escolhidos. E assim determinou-se o tempo de recuperação de investimento. A Tabela 3 apresenta o consumo mensal de energia elétrica e custo mensal com os dois sistemas de iluminação pública.

TABELA 3: Consumo mensal de energia elétrica e custo mensal com os dois sistemas de iluminação pública

Descrição	Vapor de sódio 250 W	LED 120 W
-----------	-------------------------	-----------

Consumo (1 luminária)	0,524 kW	0,12 kW
Nº horas/dias	12 h	12 h
Consumo/dia	6,288 kWh	1,44 kWh
Consumo/dia x 93 luminárias	584,78 kWh	133,92 kWh
Consumo mensal	17.543,5 kWh	4.017,6 kWh
Preço kWh = R\$ 0,35210	R\$ 6.177,07/mês	R\$ 1.414,60/mês

Assim verificou-se na Tabela 3 que, utilizando o sistema LED tem-se uma economia mensal de energia de 13.525,9 kWh resultando em R\$ 4.762,47. Comparando as Tabelas 1 e 2, o sistema de iluminação LED é de R\$ 84.326,00 superior quando comparado com a iluminação pública convencional, com lâmpadas vapor de sódio.

O método de retorno por fluxo de caixa foi utilizado conforme apresentado na Figura 1.

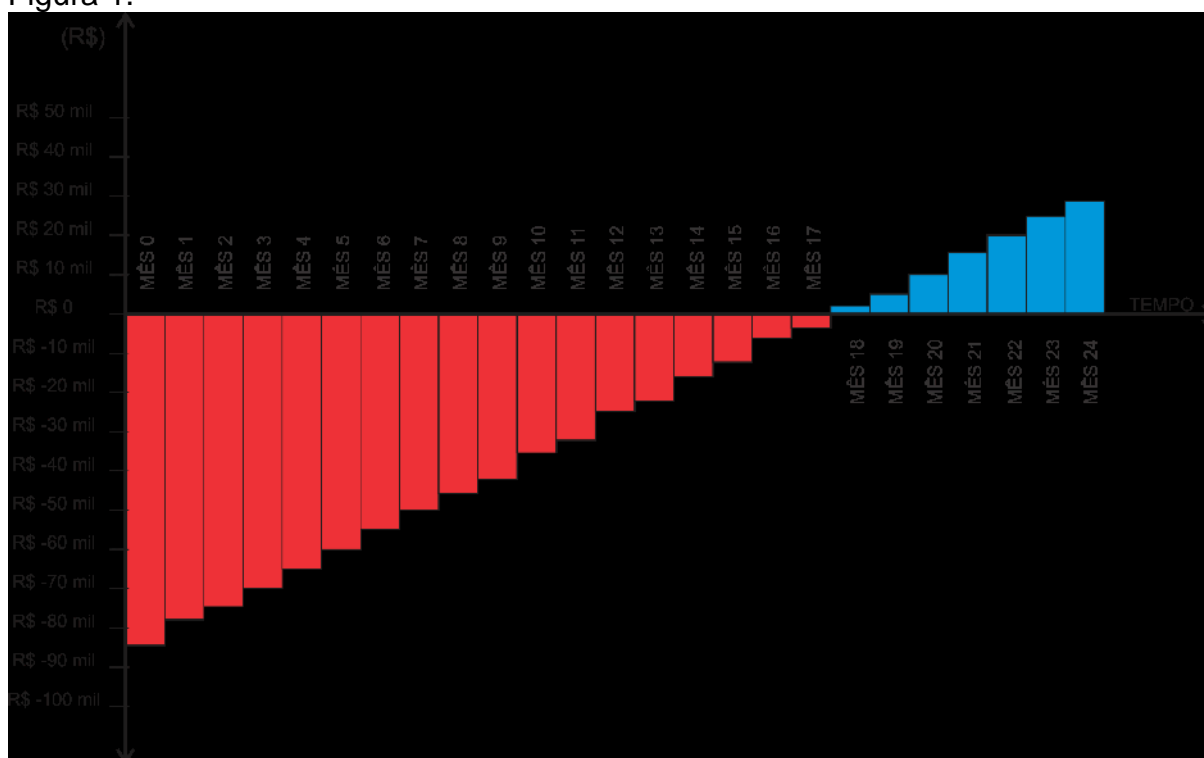


FIGURA 1. Gráfico de retorno de investimento do sistema de LED.

O mês zero é apontado como o mês de implantação do sistema em que o investimento é consideravelmente maior com o sistema de LED. No entanto, com a economia obtida no decorrer dos meses, nota-se a recuperação do investimento e, ao atingir o mês 18, consegue-se obter lucro com o sistema.

Nota-se que, do 18º mês em diante, o sistema de LED irá apenas gerar lucro, com base neste método de retorno, o que aumentará quando considerar-se que a vida útil deste é aproximadamente duas vezes maior que o sistema de vapor de sódio. Neste caso, não foi considerada a manutenção do sistema por tratar-se de um período muito longo, no qual necessitaria de troca dos equipamentos dos sistemas analisado, sendo de aproximadamente 88 meses para as lâmpadas de vapor de sódio e de 166 meses para o sistema de LED. No gráfico analisa-se ainda que após

dois anos, 24 meses, de sistema instalado tem-se um lucro de R\$ 29.973,28 se comparado com o sistema convencional, retificando que estas estimativas são variáveis.

O presente trabalho utilizou uma metodologia tradicional para avaliar a melhoria da eficiência energética, utilizando o método do retorno por fluxo de caixa. Metodologias mais complexas podem ser utilizadas, considerando a incerteza do valor da tarifa de energia, bem como a variação dos valores de moeda, Por exemplo, a flutuação do kWh em cada mês devido à sazonalidade da matriz energética brasileira e por alterações nas tributações federais e estaduais na conta de luz, percebe-se então que este tempo de retorno pode sofrer alterações.

Campisi et al. (2018) utilizaram para calcular os possíveis custos e economias para adoção de luminárias LED para substituição de lâmpadas convencionais na cidade de Roma, na Itália. O valor econômico obtido da análise de opções reais considerou as fontes de incerteza e forneceram resultados mais realistas, desta forma, foi maior do que o obtido a partir de metodologias convencionais, porque estas últimas não consideram algumas flexibilidades do projeto. Porém, neste caso, a substituição das lâmpadas, o custo era superior a € 209 milhões, então os autores sugeriram uma divisão do investimento em cinco estágios.

A Tabela 4 apresenta a diferença de valores de investimento no sistema LED e convencional de R\$ 84.326,00, em uma conta poupança e em um fundo de previdência.

TABELA 4: Retorno financeiro com outros investimentos

Item	Poupança (Rend. 0,598% ao mês)	Fundo de Previdência (Rend. 0,70% ao mês)
0	R\$ 84.326,00	R\$ 84.326,00
1	R\$ 84.830,27	R\$ 84.916,28
2	R\$ 85.337,55	R\$ 85.510,70
3	R\$ 85.847,87	R\$ 86.109,27
4	R\$ 86.361,24	R\$ 86.712,04
5	R\$ 86.877,68	R\$ 87.319,02
6	R\$ 87.397,21	R\$ 87.930,25
7	R\$ 87.919,85	R\$ 88.545,76
8	R\$ 88.445,61	R\$ 89.165,59
9	R\$ 88.974,51	R\$ 89.789,74
10	R\$ 89.506,58	R\$ 90.418,27
11	R\$ 90.041,83	R\$ 91.051,20
12	R\$ 90.580,28	R\$ 91.688,56
13	R\$ 91.121,95	R\$ 92.330,38
14	R\$ 91.666,86	R\$ 92.976,69
15	R\$ 92.215,03	R\$ 93.627,53
16	R\$ 92.766,47	R\$ 94.282,92
17	R\$ 93.321,22	R\$ 94.942,90
18	R\$ 93.879,28	R\$ 95.607,50
19	R\$ 94.440,68	R\$ 96.276,75
20	R\$ 95.005,43	R\$ 96.950,69
21	R\$ 95.573,56	R\$ 97.629,35

22	R\$ 96.145,09	R\$ 98.312,75
23	R\$ 96.720,04	R\$ 99.000,94
24	R\$ 97.298,43	R\$ 99.693,95

Utilizando-se de um comparativo simples e rápido, aplicou-se a diferença de valores de investimento sendo este de R\$ 84.326,00, em uma conta poupança, com taxa de juros de 0,598% ao mês ou em um fundo de previdência, com taxa de juros de 0,70% ao mês, base de taxas de juros retiradas do site do Banco X, como demonstra a Tabela 4. Visualiza-se que com a poupança teria ao fim de dois anos com este dinheiro investido um total de R\$ 97.298,43 e com o fundo de previdência um valor de R\$ 99.693,95. Foram considerados estes dois tipos de investimentos, por serem de mais fácil acesso a todos e por obter uma base de cálculo rápida e fácil para seu retorno financeiro, apenas adicionando juros com base no valor do mês anterior.

No entanto como já mencionado anteriormente, a não realização deste investimento no sistema de iluminação pública proposto, terá um custo de consumo mensal de energia maior em R\$ 4.762,47, logo ao decorrer de dois anos ter ia-se gasto aproximadamente R\$ 114.299,28 a mais para utilização do sistema de iluminação pública com lâmpadas vapor de sódio. Comparando os resultados obtidos com o retorno financeiro caso aplica-se este dinheiro, e o valor que este sistema gastaria em comparação ao sistema de LED, observa-se um lucro de aproximadamente R\$ 15.000,00, isto analisando apenas o período de dois anos, sendo que com o decorrer do tempo a tendência é apenas deste lucro aumentar.

Existem vários estudos que analisam os diferentes aspectos e vantagens do sistema LED sobre outras tecnologias de iluminação. Dentre eles, destacam-se o estudo de Yoomak et al. (2018), realizado na Tailândia, com foco na iluminação em vias públicas, onde foram analisados três componentes: simulação da qualidade de iluminação LED comparada com a iluminação padrão por lâmpada de vapor de sódio; análise da eficiência energética; e análise de viabilidade econômica. Além de atender os requisitos luminotécnicos, a economia gerada pelo sistema simulado teve um percentual de 40%, considerando a substituição do sistema de iluminação padrão por sistema de iluminação LED, gerando assim um retorno financeiro em aproximadamente 42 meses.

Outra pesquisa recente realizada na Sérvia analisou a real economia de energia na substituição de lâmpadas de vapor de sódio por luminárias LED de qualidade na iluminação pública e concluíram que a economia de energia variou em torno de 31 a 60% (DJURETIC; KOSTIC, 2018).

CONCLUSÃO

A viabilidade financeira entre a instalação de lâmpadas de vapor de sódio e lâmpadas LED foi verificada, em relação à qualidade luminotécnica, eficiência energética e economia. O presente estudo mostrou que o investimento inicial é 2,5 vezes maior em relação ao sistema de iluminação com lâmpadas de vapor de sódio, porém o uso do LED possibilita que a economia mensal seja quadruplicada, alcançando um tempo de retorno de 18 meses. O resultado apresentou-se favorável à implementação do sistema LED, porém ainda há margens para melhorias, tendo em vista que a tecnologia ainda é recente e apresenta elevados custos de aquisição e implementação. No entanto, considerando o cenário atual da matriz energética brasileira, esse sistema é atrativo para a economia de energia, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI pela concessão de bolsa de auxílio pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; FILHO, D. O.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H. et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos avançados, São Paulo**, v. 31, n. 89, p. 285-297, abr. 2017. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890022>>. doi: 10.1590/s0103-40142017.31890022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2014.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-47/topico-85/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202023.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2018.

CAMPISI D.; GITTO, S.; MOREA D. Economic feasibility of energy efficiency improvements in street lighting systems in Rome. **Journal of Cleaner Production**, 175, P 190 – 198, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.063>>. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.063

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Manual de iluminação pública, 2018.** Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/\\$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2018.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **MISO – Manual de Instruções de Serviços Operacionais, 2017.** Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/123D221633122C308325825500471D13/\\$FILE/MISO%20%20Elementos%20final%20version.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/123D221633122C308325825500471D13/$FILE/MISO%20%20Elementos%20final%20version.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2018.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Projetos de Rede de Distribuição Urbana - Norma Técnica Copel 841001, 1999.** Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/67FD726B4124441E03257E2300592440/\\$FILE/Ntc%20RDU%20-%20Dez99.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/67FD726B4124441E03257E2300592440/$FILE/Ntc%20RDU%20-%20Dez99.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2018.

DJURETIC A.; KOSTIC M. Actual energy savings when replacing high-pressure sodium with LED luminaires in street lighting. **Energy**, 157, p. 367-378, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.179>>. doi: 10.1016/j.energy.2018.05.179

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2017.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf#search=ilumina%C3%A7%C3%A3o%20p%C3%BAblica>>. Acesso em: 19 set. 2018.

GOLDEMBERG, J. Energia e Sustentabilidade. **Revista de Cultura e Extensão USP**, n.14, p. 33-43, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9060.v14i0p33-43>. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9060.v14i0p33-43>

SANTOS, T. S.; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L. S. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro , v. 20, n. 4, p. 595-602, 2015 . Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020040125106>>. doi: 10.1590/S1413-41522015020040125106

YOOMAK, S.; JETTANASEN, C.; NGAOPITAKKUL, A.; BUNJONGJIT, S; LEELAJINDAKRAIRERK, M. Comparative study of lighting quality and power quality for LED and HPS luminaires in a roadway lighting system. **Energy and Buildings**, [s.l.], v. 159, p.542-557, 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.060>. Doi: 10.1016/j.enbuild.2017.11.060