

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE LUMINÁRIAS LED EM TRECHOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE GOVERNADOR VALADARES

Eliete Lima Nogueira Siman (*), Valcimar Silva de Andrade

* Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Governador Valadares, elietesiman@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma caracterização básica do sistema de iluminação pública do município de Governador Valadares - MG, e uma estimativa de viabilidade técnico-econômica para implantação de sistema de iluminação com base em tecnologia LED em algumas das principais vias públicas da cidade. Diante da problemática da eficiência energética nos sistemas de iluminação e do pleno estabelecimento da tecnologia LED, os municípios, que desde 2014 assumiram a responsabilidade pela instalação e manutenção dos pontos de Iluminação Pública (IP), devem buscar caminhos de atendimento dessa demanda de forma planejada. Foram caracterizados os atuais sistemas de iluminação de algumas das principais vias da cidade, e em paralelo, conforme indicado nas normas (NBR 5101), foram levantados sistemas substitutos com base em tecnologia LED. Considerando custos de instalação, operação e manutenção foram feitas simulações de viabilidade econômica com as ferramentas tradicionais (TIR, VPL, Fluxo de Caixa). Os resultados obtidos mostram, como esperado, que há indício claro de viabilidade em diversos cenários, o que subsidia estudos mais detalhados por parte do município para implantação efetiva e progressiva da tecnologia LED na iluminação pública. Além da redução do consumo de energia, a nova tecnologia traz melhorias na qualidade do iluminamento, reduzida manutenção, maior possibilidade de controle eletrônico e maior eficiência energética. Os resultados obtidos com a breve estimativa serão encaminhados ao poder público para que tome as medidas cabíveis e que julgar necessárias para a realização de *retrofit* no sistema de iluminação pública da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Iluminação Pública, Tecnologia LED, Análise de Investimento

INTRODUÇÃO

A Iluminação Pública (IP) é um serviço essencial, dedicado a prover iluminação artificial, ou seja, com geração de claridade suficiente para as atividades humanas diversas nos locais públicos, tanto no período noturno quanto no diurno (ocasionalmente) [4]. Trata-se de um sistema essencial, que permite o desenvolvimento de muitas atividades humanas importantes, sejam elas econômicas ou de lazer. Além disso, temos o efeito preventivo no caso de crimes e acidentes de trânsito em vias públicas. No caso específico do Brasil, esses sistemas foram por muito tempo geridos pelas concessionárias de energia, embora tal incumbência constitucional sempre fora dos municípios. Após grande retardo no cumprimento desta questão constitucional os ativos de IP foram integralmente transferidos para os municípios em de janeiro de 2014 [10]. Desta forma, os municípios retomaram a competência pela prestação deste serviço, ou seja, a operação, manutenção, expansão e inovação. A mudança foi determinada pela resolução 414 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de 2010, com base em interpretação do artigo 30 da Constituição Federal [10].

Os sistemas de iluminação pública evoluíram bastante ao longo do tempo, desde os simples postes com luzes acesos manualmente com material inflamável (óleo, parafina, querosene, etc.) até os sistemas atuais que funcionam com lâmpadas elétricas. E estes agora vivem uma verdadeira revolução com o estabelecimento pleno da tecnologia LED. O termo LED vem do inglês *Lighting Emiting Diode*, que significa Diodo Emissor de Luz, que consiste basicamente em um diodo semicondutor, que polarizado diretamente emite radiação luminosa. Esta tecnologia começou sua trajetória "brilhante" em 1962, quando Nick Holonyak Júnior, integrante da General Electric Company (GE) desenvolveu o primeiro LED funcional, capaz de emitir luz vermelha (640 até 700 nm). Desde esse feito a tecnologia vem sendo estudada e aprimorada (técnica e economicamente) para várias aplicações, entre elas sistemas de iluminação pública, e atualmente se encontra em estágio de ampla disseminação na sociedade pela queda vertiginosa dos custos de produção. Um dos grandes atrativos desta tecnologia é a melhoria da eficiência energética, uma vez que as luminárias LED são capazes de oferecer uma qualidade de iluminação melhor com um custo energético mais baixo.

O município de Governador Valadares possui um sistema de iluminação pública de grande porte, onde o *retrofit* para a tecnologia LED ainda não foi feito. Diante das oportunidades que tal medida representa, é importante analisar como esse município, hoje responsável pela gestão e manutenção do sistema, poderá obter ganhos de eficiência, qualidade e de sustentabilidade com a troca das atuais luminárias por essa nova tecnologia.

OBJETIVOS

Diante do cenário de evolução da tecnologia LED no campo da iluminação pública, redução de custos desta tecnologia, retomada da competência municipal sobre os sistemas de iluminação pública e oportunidades de melhoria de eficiência energética em sistemas de IP, o presente trabalho traz um breve estudo que caracteriza basicamente o sistema de iluminação pública da cidade de Governador Valadares - MG e analisa a viabilidade técnica-econômica da implantação de luminárias LED em trechos específicos deste sistema.

A ideia central é mostrar possíveis ganhos com a melhoria da eficiência do sistema, estimando também valores necessários para migrar o atual sistema de iluminação para a nova tecnologia, garantindo um estudo preliminar que poderá ser usado em uma eventual política pública que garanta a economia de energia, melhoria da eficiência energética do sistema, melhoria da qualidade do iluminamento e sustentabilidade ambiental e financeira.

METODOLOGIA

O primeiro passo para realização do trabalho foi a busca por dados relativos ao sistema de iluminação pública de Governador Valadares – MG, ou seja, uma caracterização básica do sistema. Nesse processo foi levantado o número de pontos de iluminação existentes na cidade e suas respectivas potências. A tecnologia de iluminação utilizada (tipo de luminária) também foi levantada. Esse levantamento permitiu uma extrapolação dos cálculos feitos para algumas vias selecionadas para um estudo mais detalhado. Foram escolhidas algumas vias principais da cidade, considerando a extensão, carga de iluminação instalada e o impacto visual. Também foram consideradas questões de marketing ambiental, uma vez que algumas vias de maior fluxo permitiriam que toda a população sentisse mais rapidamente o impacto da mudança no sistema de iluminação.

No caso das vias selecionadas para o estudo detalhado foram adotados os seguintes levantamentos: 1) comprimento da via; 2) tipo de posteamento; 3) quantidade de luminárias; 4) tipo de luminárias; 5) potência das luminárias. Para o quantitativo de luminárias utilizou-se a distância entre postes (medida *in locu*), o comprimento da via (estimado via software google maps) e tipo de posteamento. Na definição do tipo de luminárias foram consultados especialistas que trabalham rotineiramente com esse tipo de sistema, uma vez que não se dispunha de estrutura adequada e autorização para checagem das luminárias nos postes.

Para a análise de viabilidade técnica foram utilizados catálogos para seleção de luminárias LED compatíveis com as luminárias convencionais a serem substituídas. Diante da diversidade de modelos optou-se por modelos com maior detalhamento técnico disponível, eficiência e possibilidade de ajuste de fluxo luminoso (controle eletrônico). Na atualidade existe uma gama significativa de modelos de luminárias LED, mas a preocupação central foram aspectos de grau de iluminamento, eficiência e compatibilidade com o posteamento (braço).

A viabilidade econômica fez uso de ferramentas de engenharia econômica consagradas: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Fluxo de Caixa. Do inglês *Internal Return Rate* (IRR), a Taxa Interna de Retorno (TIR) mede a rentabilidade pela qual o capital está sendo remunerado em um determinado período. Quando aplicada ao fluxo de caixa, faz com que o Valor Presente Líquido seja igual a zero, ou seja, faz todas as entradas se igualarem as saídas de caixa do empreendimento [3]. Sendo assim, é considerada a taxa de juros de retorno de um projeto.

O Valor Presente Líquido (VPL) é um dos métodos mais eficientes para definir a viabilidade de um investimento. Com ele, analisa-se a diferença entre as entradas e as saídas de um caixa trazidas para o presente. Quando o VPL é maior que zero antes da vida útil do empreendimento, conclui-se que o investimento é viável, se for menor que zero, o projeto torna-se inviável, pois neste caso, as entradas serão menores que as saídas, proporcionando assim prejuízos [3].

Por fim, o fluxo de caixa é um instrumento que projeta futuramente todas as entradas e saídas de um projeto, apontando assim o saldo de caixa do período desejado. Gerencia todas as movimentações financeiras durante a vida útil do projeto, possibilitando, quando utilizado em uma projeção de investimento, a indicação se o projeto de investimento em questão chegará ao período final com viabilidade ou não. Para a análise através de fluxo de caixa é preciso considerar algumas premissas (cenários), que balizarão as entradas e o investimento feito. Se ao final do período considerado o saldo for positivo a análise indica viabilidade [3].

Para aplicação das ferramentas financeiras foram feitos levantamentos de preço das luminárias escolhidas em três empresas diferentes, e utilizados dados e projeções governamentais sobre a economia (taxa de juros, custo de energia, etc.). A durabilidade das luminárias foi considerada de acordo com os dados dos manuais. O custo de instalação e manutenção foram estimados com base nos poucos dados encontrados na literatura, como se trata de uma tecnologia nova não foi possível encontrar valores claros para esses itens, principalmente no que diz respeito a manutenção.

RESULTADOS

Analisando os dados obtidos sobre o sistema de iluminação pública da cidade de Governador Valadares, fornecidos pela concessionária (CEMIG) em 2016, podemos observar que a mesma possui significativo número de pontos de iluminação, no total de 27.349. A carga total instalada é de 3987 kW. A maior parcela do sistema é constituída por pontos de iluminação que utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio com potência de 125 W, totalizando 5.486 pontos. A tabela I mostra a quantidade de pontos referentes a cada tipo de lâmpada e respectiva potência total.

Tabela 1 – Sistema de Iluminação Pública de Governador Valadares – MG. Fonte: CEMIG, 2016.

Potência em (W)	Quantidade de Pontos	Potência Total (W)	Tipo
125	5.486	685.750	Vapor de Mercúrio
80	2.514	201.120	Vapor de Mercúrio
250	523	130.750	Vapor de Mercúrio
400	118	47.200	Vapor de Mercúrio
70	7.052	493.640	Vapor de Sódio
250	4.403	1.100.750	Vapor de Sódio
400	1.809	723.600	Vapor de Sódio
100	4.245	424.500	Vapor de Sódio
150	1.199	179.850	Vapor de Sódio
Total	27.349	3.987.160	

As figuras 01 e 02 aglutinam os resultados de estimativa de comprimento das principais vias selecionadas para o estudo de viabilidade técnica e econômica. Com o uso do software google maps foram medidos os comprimentos das vias, e uma visita *in locu* determinou tipo de posteamento, luminárias e distância entre postes. Em alguns casos foi preciso esclarecer o real tipo de luminária junto a especialistas que trabalham com esse tipo de sistema.

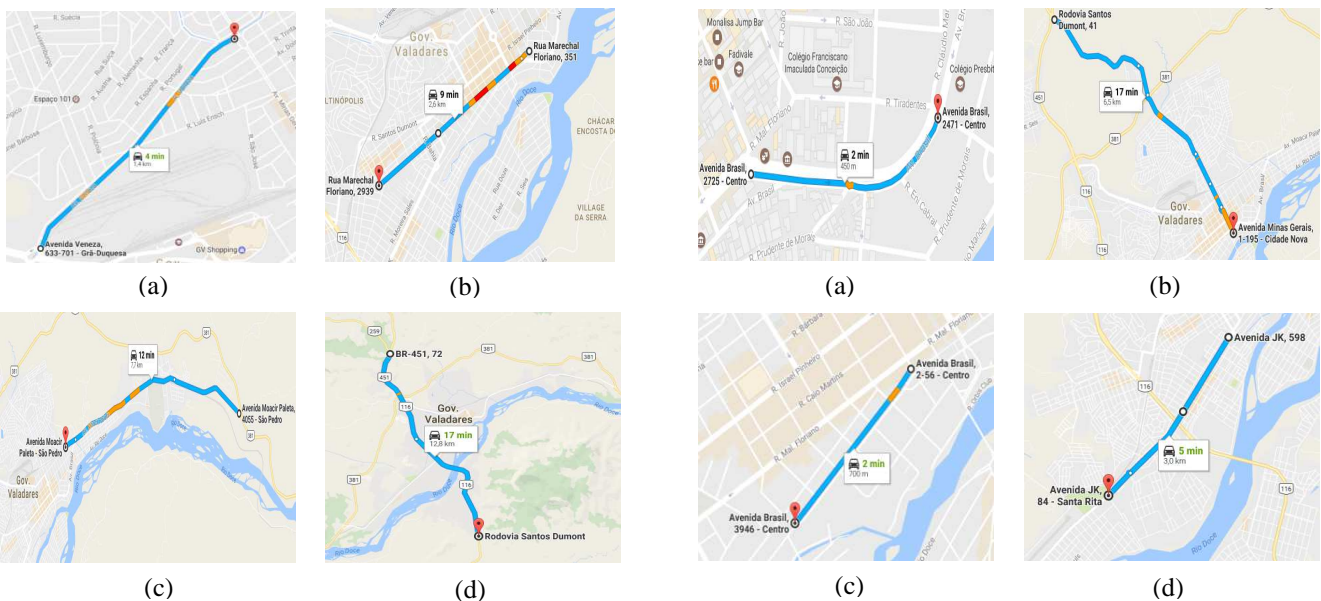


Figura 1 – Principais vias selecionadas para o estudo (grupo 1): (a) Avenida Veneza (b) Rua Marechal Floriano (c) Avenida Moacir Paleta (d) BR 116 - Perímetro Urbano

Figura 2 - Principais vias selecionadas para o estudo (grupo 2): (a) Avenida Brasil (b) Avenida Minas Gerais (c) Avenida Brasil (d) Avenida JK.

Foram analisados 07 trechos da cidade, levando em consideração a extensão dos mesmos, carga de iluminação instalada e o impacto visual. Nos trechos, levantamos o tipo de posteamento, a distância média entre os postes, o comprimento destes e a quantidade de lâmpadas necessárias, nas tabelas que seguem (2,3,4), observamos de forma detalhada todos os dados mencionados anteriormente.

Tabela 2 – Comprimento das vias e distância média entre postes.

Vias	Comprimento (m)	Distância média entre os postes (m)
BR-116 Perímetro Urbano de GV	12.800	30,0
Avenida JK	3.000	34,7
Avenida Moacir Paleta - Trecho I	6.984	31,7
Avenida Moacir Paleta - Trecho II	366	31,7
Avenida Moacir Paleta - Trecho III	350	31,7
Avenida Minas Gerais - Trecho I	4.500	32,0
Avenida Minas Gerais - Trecho II	2.000	32,0
Avenida Brasil	1150	30,0
Rua Marechal Floriano - Trecho I	500	26,2
Rua Marechal Floriano - Trecho II	2.100	26,2
Avenida Veneza	1.400	34,3

Tabela 3 – Quantidade de Lâmpadas e potencia nominal das lâmpadas instaladas nas vias.

Vias	Quantidade de lâmpadas	Potência Nominal
BR-116 Perímetro Urbano de GV	853	400
Avenida JK	173	400
Avenida Moacir Paleta - Trecho I	220	250
Avenida Moacir Paleta - Trecho II	23	250
Avenida Moacir Paleta - Trecho III	22	250
Avenida Minas Gerais - Trecho I	281	400
Avenida Minas Gerais - Trecho II	125	400
Avenida Brasil	77	400
Rua Marechal Floriano - Trecho I	19	250
Rua Marechal Floriano - Trecho II	160	250
Avenida Veneza	82	400
Total de Pontos de Iluminação	2035	

Tabela 4 – Potência total instalada nas vias e tipo de posteamento.

Vias	Potência Instalada	Posteamento
BR-116 Perímetro Urbano de GV	341333	Bilateral Alternada
Avenida JK	69164	Bilateral Alternada
Avenida Moacir Paleta - Trecho I	55079	Unilateral
Avenida Moacir Paleta - Trecho II	5773	Unilateral Duplo
Avenida Moacir Paleta - Trecho III	5521	Bilateral Alternada
Avenida Minas Gerais - Trecho I	112500	Bilateral Frente a Frente
Avenida Minas Gerais - Trecho II	50000	Canteiro Central
Avenida Brasil	30667	Bilateral Alternada
Rua Marechal Floriano - Trecho I	4771	Unilateral
Rua Marechal Floriano - Trecho II	40076	Bilateral Alternada
Avenida Veneza	32653	Bilateral Alternada

A tabela 5 sumariza os resultados referentes a análise de viabilidade econômica através do VPL, TIR e Fluxo de Caixa (TR), foram considerados investimentos com orçamentos obtidos de três empresas diferentes, denominadas aqui como A, B e C. É possível observar que em todos os cenários (com e sem manutenção) os tempos relativos ao retorno do investimento e obtenção de retorno positivo ao caixa do projeto de substituição ocorre com tempo superior a garantia ofertada pelo fabricante (5 anos), porém são menores que a vida útil estimada da luminária LED (11,4 anos).

Tabela 5 – Resultados da Análise de Viabilidade Econômica.

	A		B		C	
	SM	CM (1%)	SM	CM (1%)	SM	CM (1%)
VPL	R\$ 119.377,62	R\$ 216.805,68	R\$ 161.099	R\$ 244.036,55	R\$ 192.925,91	R\$ 271.832,12
Tempo (Anos)	8	9	7	9	6	9
Investimento	R\$ 3.187.992		R\$ 2.797.347		R\$ 2.398.648	

	A		B		C	
	SM	CM (1%)	SM	CM (1%)	SM	CM (1%)
TIR	10,10%	10,71%	10,77%	11,90%	11,71%	13,52%
Tempo (Anos)	8	9	7	8	6	7
Investimento	R\$ 3.187.992		R\$ 2.797.347		R\$ 2.398.648	

	A		B		C	
	SM	CM (1%)	SM	CM (1%)	SM	CM (1%)
TR (Anos)	8,6	8,8	7	7,6	6,4	6,6
Investimento	R\$ 3.187.992		R\$ 2.797.347		R\$ 2.398.648	

SM	SEM MANUTENÇÃO		TARIFA	R\$ 0,39
CM	COM MANUTENÇÃO		TAXA DE MANUTENÇÃO	1%
SELIC	9,15% - a.a	0,732% - a.m	VIDA ÚTIL	11, 4 ANOS
INFLAÇÃO	4,5% - a.a		GARANTIA	5 ANOS

CONCLUSÕES

Após os levantamentos sobre o sistema de iluminação pública de Governador Valadares foi possível constatar que há um grande volume de potência instalada com luminárias com tecnologia de vapor de sódio e de vapor de mercúrio, no total de 3987 kW distribuídos em mais de 27349 pontos de iluminação. Este sistema de grande porte gera grandes despesas com consumo de energia e também manutenção, por isso é essencial a migração de tecnologia com *retrofit* das luminárias.

A análise de viabilidade econômica indicou tempos de retorno da ordem de 6 a 9 anos, considerando casos com manutenção (mais realista) e sem manutenção. Foram consideradas nas análises os investimentos cotados com orçamentos de 3 empresas do setor (A,B,C), considerando instalação. A taxa de juros básica foi considerada em 9,15% anuais e a inflação em 4,5% também anuais. A tarifa de energia foi cotada em R\$ 0,39 e a taxa de custos com manutenção no teto de 1% do valor do sistema corrigido também pela inflação. Como a garantia dada pelas empresas foi de 5 anos, mas a vida útil estimada do LED é de 11,4 anos os resultados mostram nesse estudo que há possibilidade de se obter um resultado positivo ao refinar melhor a estimativa, considerando preços mais competitivos (preços estão em queda) e demais impactos além da economia de energia (qualidade de iluminação, segurança, sustentabilidade). Em virtude de dados escassos sobre o índice de falha e a taxa efetiva de manutenção neste tipo de sistema se fixou em 1% a taxa de manutenção, o que pode não ser uma premissa claramente verdadeira.

Com o resultado da caracterização do sistema de iluminação pública de Governador Valadares e da análise de viabilidade de *retrofit* em algumas das principais vias da cidade, observa-se que é extremamente importante estudos mais detalhados dessa questão de modo que o município, em uma política de eficiência energética e do gasto público, possa desencadear o processo de troca gradativa do sistema.

A tecnologia LED de fato constitui em uma das maiores revoluções no campo da iluminação, em especial a iluminação pública. A alta razão entre fluxo luminoso e potência dos LEDs, alto fator de potência, e a queda nos custos de fabricação irão permitir a troca gradual dos sistemas de iluminação pública convencionais. Além da redução do consumo de energia, e consequente melhora da eficiência energética de todo sistema de iluminação pública, há também um ganho qualitativo, principalmente no que diz respeito a reprodução de cores e um grande incremento de durabilidade (redução de custos de manutenção).

Finalizados os cálculos econômicos e confirmadas as expectativas do estudo básico, que constitui este trabalho, os resultados serão encaminhados para as autoridades competentes no município de Governador Valadares, no sentido de que a substituição de luminárias LED seja executada o mais breve possível, com o devido planejamento técnico e financeiro.

Alguns pontos devem ser melhor esclarecidos em trabalhos futuros, com o crescimento de sistemas que utilizam essa tecnologia, maiores estatísticas sobre durabilidade das luminárias LED, índices de falha, gastos com manutenção (que envolve todo corpo da luminária) e equivalência com luminárias convencionais. Com isso as estimativas para análise de viabilidade de troca serão cada vez mais precisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUERA, R.S. **Cenário brasileiro da iluminação pública**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
2. CASTRO, N. J. de et al. **Eficiência Energética na iluminação pública e o Plano Nacional de Eficiência Energética**. Texto de discussão do Setor Elétrico, nº 42. Rio de Janeiro, 2011.
3. EHRLICH, P. J; MORAES, E. A. de. **Engenharia econômica: avaliação e seleção de projetos de investimentos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
4. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Iluminação Pública**: Guia do gestor. São Paulo, 2013.
5. GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE. **Informe de Mercado dos Sistemas Isolados: consumo e carga de energia elétrica**. Rio de Janeiro, 2015

6. LOPES, L. B. **Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
7. NOGUEIRA, F.J. **Avaliação Experimental de luminárias empregando LEDs orientadas à iluminação pública.** Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
8. NOVICKI, J. M; MARTINEZ, R. **LEDs para Iluminação Pública.** Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2008.
9. SÉRIE DE CADERNOS TÉCNICOS DA AGENDA PARLAMENTAR. **Iluminação Pública.** Paraná, 2016.
10. SILVA, D.P. **Iluminação pública – Alterações na resolução ANELL n° 456/00.** Monografia de especialização- Pós- graduação em Gestão Pública Municipal da UTFPR- campus Curitiba, Curitiba, 2011.
11. VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência Energética: fundamentos e aplicações.** Campinas: Universidade Federal de Itajubá, 2012.