

Capítulo VIII

Avaliação dos projetos de eficiência energética em iluminação pública

Por Luciano Haas Rosito*

Conforme vimos no capítulo anterior, desde a sua criação no ano de 2000, o Reluz, principal programa utilizado hoje no Brasil, vem gradativamente tornando os pontos de iluminação pública do Brasil mais eficientes. Entretanto, nunca havia sido feita uma avaliação de campo dos resultados após certo período para verificar o nível de perenização dos projetos, ou seja, se a economia de energia esperada ao longo do tempo realmente vem se mantendo conforme o esperado no projeto.

Diante deste cenário, foi desenvolvida uma metodologia para avaliar os pontos de iluminação pública atingidos pelos projetos do Reluz, levando em conta a perenização, a adequação dos equipamentos, a adequação às normas técnicas, a gestão dos sistemas, ganhos pós-execução, o impacto de economia de energia e a redução da demanda na ponta. As atividades desenvolvidas foram realizadas por meio de um convênio de cooperação técnica entre a Eletrobrás e a PUC-RS.

Para tanto, esta avaliação foi dividida em três etapas em locais distintos. A primeira foi realizada em sete cidades do Rio Grande do Sul avaliando 200 conjuntos de Iluminação Pública (IP), a segunda em quatro cidades da região sudeste avaliando 50 lâmpadas a vapor de sódio de 70 W em cada cidade e a terceira em duas cidades, que no momento estavam iniciando o projeto Reluz para ser realizado o acompanhamento e a verificação antes e depois das obras do programa.

Este trabalho de pesquisa aplicada vem gerando resultados não somente conclusivos em relação aos projetos já executados, mas fornecendo subsídio para o aprimoramento dos projetos de eficiência energética em iluminação pública, maximizando os seus benefícios.



Figura 1 - Local avaliado no projeto



Figura 2 - Vão de medição

Avaliação da perenização dos projetos executados no Rio Grande do Sul

Metodologia adotada

A metodologia foi baseada na coleta de dados em campo, via medições elétricas e luminotécnicas, realização de ensaios laboratoriais dos equipamentos coletados e entrevistas com pessoas ligadas ao sistema de iluminação pública em cada cidade. Foi

desenvolvido um questionário específico que levava em conta as informações relevantes tanto do projeto executado quanto da gestão da iluminação pública. Após a realização de todas as atividades, foram gerados relatórios contendo os principais resultados, conclusões e recomendações para as cidades que foram alvo da pesquisa.

A primeira cidade que participou deste processo de avaliação serviu como um projeto piloto, sendo um guia para os procedimentos adotados nas demais cidades. Foi possível avaliar o tempo necessário para a execução das tarefas, dificuldades encontradas e soluções.

Histórico

Foram preliminarmente selecionadas sete cidades do Rio Grande do Sul contempladas pelo programa Reluz há mais de três anos e menos de cinco anos. Também foi de interesse avaliar uma cidade em área litorânea.

A distribuição das cidades procurou levar em conta também a quantidade de pontos de IP eficientizados, em cidades de médio e pequeno porte conforme demonstra a tabela a seguir.

**TABELA I – DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS DE IP
E POPULAÇÃO DAS CIDADES AVALIADAS**

| Cidade | Pontos de IP | População (habitantes) |
|---------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 10.459 | 10.459 |
| 2 | 36.980 | 36.980 |
| 3 | 4.595 | 4.595 |
| 4 | 24.012 | 24.012 |
| 5 | 13.478 | 13.478 |
| 6 | 8.742 | 8.742 |
| 7 | 4.917 | 4.917 |

Atividades realizadas

As atividades realizadas em campo foram:

- Fotografia e inspeção visual (diurna e noturna);
- Coleta de amostras com substituição;
- Aplicação do questionário de avaliação para o diagnóstico da gestão de IP;
- Medição da iluminância (vãos entre postes).

As atividades realizadas em laboratório foram:

- Ensaio fotométrico (lâmpadas);
- Ensaio elétrico (reatores);
- Ensaio de operação (relé fotoelétrico);
- Inspeção visual e identificação (luminárias, lâmpadas, reatores, relés);
- Levantamento fotométrico (luminárias);
- Análise dos dados (quantitativa e qualitativa).

Resultados

Lâmpadas

- Foram realizados ensaios fotométricos em 200 lâmpadas – Retiradas de campo, em média 30 lâmpadas de cada cidade,

nas condições em que se encontravam, em diferentes potências, utilizadas nos projetos.

- Foram selecionadas as potências proporcionalmente à quantidade aplicada nos projetos de maneira geral, totalizando 118 lâmpadas a vapor de sódio (VS) 70 W, 48 lâmpadas VS-150 W e 34 lâmpadas VS de 250 W.

A Tabela 2 expressa o fluxo médio medido em laboratório de cada potência de lâmpada, comparado com o fluxo padrão.

| Potência (W) | Fluxo médio (lm) | Percentual (%) | Fluxo padrão (lm) |
|--------------|------------------|----------------|-------------------|
| 70 | 4.826,8 | 86,2 | 5.600 |
| 150 | 13.170,6 | 94,1 | 14.000 |
| 250 | 26.534 | 102 | 26.000 |

Foi possível verificar que, em média, mesmo após um período em torno de quatro anos de utilização, as lâmpadas não tiveram uma depreciação significativa em termos da perda do fluxo luminoso. Era esperada uma perda de até 30% no fluxo luminoso. No caso da lâmpada a vapor de sódio de 250 W, o fluxo padrão esperado era inferior à especificação de compra, logo a lâmpada instalada, mesmo depois do período de quatro anos, estava ainda com o fluxo superior ao esperado no início de sua vida.

Entretanto, outro fator interessante foi verificado. As lâmpadas adquiridas após a eficientização, que foram utilizadas em substituição devido a queimas, eram de qualidade inferior às empregadas no projeto. Este fato foi verificado pela medição destas lâmpadas que apresentaram um fluxo inferior. Isto denota um problema de gestão da iluminação pública, que não consegue manter a qualidade nas aquisições para fins de manutenção.

Reatores

Foram avaliados 200 reatores das sete cidades. Grande parte dos reatores apresentou baixo fator de potência. Também foram realizados ensaios elétricos e medidas as perdas e demais características. Confira as cidades que apresentaram problemas graves no fator de potência dos reatores.

Fator de potência abaixo de 0,92:

- Cidade 1 52%
- Cidade 4 60%
- Cidade 6 85%

Este prejuízo é transferido para a concessionária, visto que não é comum a fiscalização e cobrança pelo baixo fator de potência dos reatores utilizados em iluminação pública.

Em relação às perdas elétricas dos reatores, em média os valores se mantêm próximos aos limites estabelecidos nas normas, porém, é possível verificar que se fossem utilizados

reatores com baixas perdas que atendam as perdas preconizadas pelo SELO PROCEL/INMETRO o ganho seria maximizado.

Relé fotoelétrico

Normalmente, quando se levantam pontos chave de problemas em iluminação pública, o relé fotoelétrico está sempre entre os primeiros da lista. Nesta pesquisa, avaliaremos os níveis de atuação do relé fotoelétrico e se ele está de acordo com a ABNT NBR 5123/98. No gráfico a seguir, é possível verificar que há um grande potencial de melhora neste produto. Os dados foram reveladores, já que evidenciaram o quanto é possível economizar energia elétrica colocando os relés dentro dos índices da norma ou ainda mais eficientes. Os 59,1% dos relés que atuam fora dos índices da norma estão ligando a lâmpada antes do necessário os desligando após o clarear do dia. Isto significa desperdício de energia elétrica. Este prejuízo, assim como o baixo fator de potência do reator, é incorporado pela concessionária de energia elétrica, pois o consumo de energia elétrica em iluminação pública, na maior parte dos casos, é cobrado por estimativa.

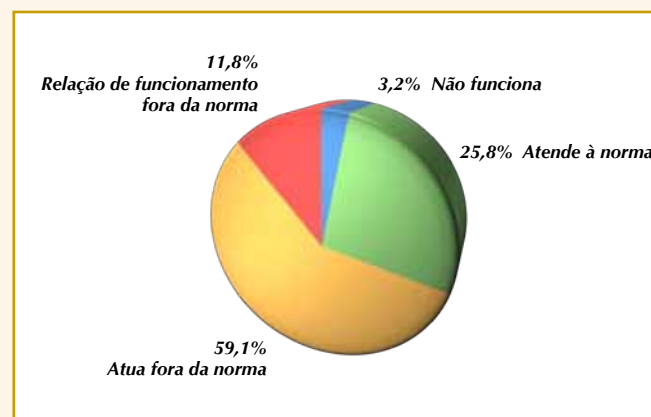


Gráfico 1 – Atuação dos relés fotoelétricos

Diante dessas informações, comprovou-se a necessidade urgente de atuar na melhoria da qualidade dos relés, adequando-os à norma. Mas além de adequar os equipamentos às normas também, verificou-se a importância de termos e normas atualizadas e compatíveis com as tecnologias mais modernas que vem sendo utilizadas. A partir da divulgação deste trabalho, foi possível reativar as comissões de estudo, entre elas a que trata da revisão da NBR 5123/98.

Luminárias

Foram realizadas medições fotométricas no laboratório do Cepel em três luminárias novas, do mesmo tipo e fabricante. Estas amostras correspondem às luminárias que foram instaladas no lugar das originais do Reluz retiradas para a realização dos demais ensaios. Foram executados ensaios no goniofotômetro para levantamento das características e curvas de distribuição luminosa de cada luminária.

Não somente o rendimento da luminária é um dado importante na avaliação, mas a distribuição fotométrica da luminária.

TABELA 3 – MEDIÇÕES FOTOMÉTRICAS EM LUMINÁRIAS NOVAS

| | Potência (W) | Fluxo Luminoso da lâmpada (lm) | Fluxo Luminoso total da luminária (lm) | Rendimento (%) | Classificação das luminárias | | |
|---|--------------|--------------------------------|--|----------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| | | | | | Distância longitudinal | Distância transversal | Distância luminosa |
| 1 | 70 | 5262 | 4.286,84 | 81,5 | média | TIPO II | CUTOFF |
| 2 | 15 | 15.923 | 11.959,74 | 75,1 | curta | TIPO III | CUTOFF |
| 3 | 250 | 27.693 | 19.920 | 71,9 | curta | TIPO III | CUTOFF |

↑
RENDIMENTO MÉDIO: 76,2%

Luminária aberta apresenta baixo rendimento e prejudica a vida útil da lâmpada

Infelizmente, em alguns casos, foi possível verificar a má qualidade dos materiais, que se apresentaram deteriorados precocemente, considerando a expectativa em relação aos dados iniciais. No caso das luminárias, isto se deve à utilização de equipamentos de baixo custo inicial, mas sem condições técnicas de utilização. A foto abaixo demonstra esta situação.



Figura 3 – Luminária deteriorada

Outro dado relevante na avaliação fotométrica das luminárias usadas foi o baixo rendimento e distribuição fotométrica inadequada de luminárias abertas. Foram encontradas luminárias com rendimento de 44%. Além do baixo rendimento, a distribuição fotométrica compromete os demais parâmetros de qualidade da iluminação pública.

Na tabela abaixo é possível verificar o rendimento médio das luminárias de cada cidade avaliada e perceber a diferença entre as luminárias abertas e fechadas.

TABELA 4 – MEDIÇÕES FOTOMÉTRICAS EM LUMINÁRIAS RETIRADAS DE CAMPO

| Cidade | Luminária Retirada | Rendimento médio (%) |
|--------|------------------------------|----------------------|
| 1 | Fechada (nova) | 668,74 |
| 2 | Aberta (nova ou reutilizada) | 55,81 |
| 3 | Aberta (nova ou reutilizada) | 55,59 |
| 4 | Aberta (nova ou reutilizada) | 58,74 |
| 5 | Fechada (nova) | 74 |
| 6 | Aberta (nova ou reutilizada) | 58,15 |
| 7 | Fechada (nova) | 74,06 |

Uma causa importante relacionada à redução do rendimento das luminárias fechadas é a penetração de água, poeira e insetos. A classificação do grau de proteção (IP) da luminária define o tipo de proteção à penetração destes materiais nela.

O grau de proteção mínimo exigido pela norma ABNT NBR 15129, que vigora desde o ano de 2004, é IP 55 para o compartimento ótico e IP 33 para o compartimento do reator. Na mesma norma é exigida a existência de uma placa com os dados referentes ao fabricante, modelo, data de fabricação, tensão, potência, frequência, tipo de lâmpada e proteção contra choque elétrico. Somente as luminárias de duas cidades possuem a placa de identificação com os dados exigidos e, portanto, atenderam à norma. Outros aspectos em relação à adequação das luminárias as normas também foram avaliados.

Conclusões, recomendações e oportunidades de melhoria

Nas sete cidades, foi possível comprovar o ganho energético nas substituições. Todas as cidades avaliadas tiveram aumento do nível de iluminação e redução do consumo de energia elétrica efetiva. Entretanto, ficou visível a diferença entre os locais em que houve a substituição completa do ponto (luminária, lâmpada, reator, relé fotoelétrico e acessórios) dos locais em que somente houve substituição da lâmpada e reator por lâmpada e reator a vapor de sódio.

De maneira geral, os municípios relataram e comprovaram os benefícios da diminuição dos estoques de material e tipos de material para aquisição, bem como a diminuição do índice de manutenções. Relataram também o aumento da sensação de segurança devido ao incremento nos níveis e qualidade da iluminação.

Em alguns municípios houve dificuldade em responder o questionário devido à falta de informação e à falta de uma gestão específica de iluminação pública e dificuldades administrativas. Os dados e o histórico da iluminação pública não estavam mantidos adequadamente.

Verificou-se também a falta de atualização dos cadastros de iluminação pública antes da execução do projeto e quando o mesmo foi corrigido houve um aumento devido à cobrança do que realmente estava instalado.

Com relação à durabilidade e ao rendimento das lâmpadas a vapor de sódio originais, foi possível verificar que os dados

apresentados pelos fabricantes sobre a depreciação de 30% do fluxo até o final da vida da lâmpada são verdadeiros. O fluxo luminoso médio das lâmpadas avaliadas, em geral, apresentou bom desempenho. Quanto às luminárias utilizadas, verificou-se que o rendimento médio das luminárias fechadas foi bastante superior ao das luminárias abertas. Da mesma forma, a diferença da distribuição fotométrica entre luminárias fechadas e abertas comprovou a inadequação das luminárias abertas para iluminação pública. Cabe ressaltar que na ocasião da implantação destes projetos, era permitida a utilização deste tipo de luminária, o que, desde 2006, não é mais aceitável devido à entrada em vigor da norma ABNT NBR 15129.

Outra importante recomendação seria a obrigatoriedade do uso de produtos com o Selo Procel para utilização nos projetos de eficiência energética. Dessa maneira, os benefícios seriam maximizados e a qualidade do sistema de IP melhoraria.

Ficou evidente a oportunidade de melhoria quanto à gestão dos sistemas, visto que, mesmo após a execução do projeto, nenhuma das prefeituras avaliadas utilizava um sistema de gestão de iluminação pública informatizado. Em alguns casos também se verificou a falta de recursos específicos para a iluminação pública, considerando que não era cobrada a CIP ou COSIP.

Outras recomendações:

- Melhoria da gestão de IP;
- Necessidade de revisão das normas;

- Melhorar a qualificação de técnicos que trabalham com IP;
- Aprimoramento do material;
- Manter exigência para luminárias fechadas.

Avaliação da vida útil das lâmpadas a vapor de sódio em quatro cidades

O segundo trabalho foi a avaliação da vida útil de lâmpadas a vapor de sódio de 70 W utilizadas nos projetos de eficiência energética de quatro cidades da região sudeste, de quatro concessionárias diferentes. Os objetivos deste trabalho foram subsidiar a etiquetagem e a concessão do Selo Procel a fim de garantir a qualidade dos produtos utilizados pelo ReLuz visando a diminuir os custos de manutenção e aumentar a perenização dos projetos

Metodologia adotada

A metodologia foi baseada na coleta de dados em campo, por meio de medições elétricas e luminotécnicas e realização de ensaios laboratoriais nas lâmpadas. Após a realização de todas as atividades, foram gerados relatórios contendo os principais resultados, conclusões e recomendações para as cidades que foram alvo da pesquisa. Foi realizada a coleta de 200 lâmpadas de vapor de sódio (70 W) das quatro cidades da região sudeste.

Foram considerados os seguintes fatores:

- Fabricante da lâmpada;
- Fabricante do reator;

- Fabricante da luminária;
- Características da via onde a luminária está instalada.

Histórico

Desde o início das discussões para lançamento do regulamento de avaliação da conformidade de lâmpadas a vapor de sódio, inúmeras questões sobre o funcionamento em campo das lâmpadas foram levantadas: desde a quantidade de lâmpadas para a reposição na prática até a depreciação das lâmpadas e manutenção de suas características.

Para realização deste trabalho, foi necessário um levantamento preliminar das cidades que executaram programa de efficientização por um determinado período, em torno de quatro anos.

Atividades realizadas

As atividades realizadas em campo foram:

- Visita à cidade;
- Entrevistas com os responsáveis;
- Fotografia e inspeção visual (diurna e noturna);
- Coleta de amostras com substituição.

As atividades realizadas em laboratório foram:

- Inspeção visual e identificação;
- Ensaio elétrico e fotométrico nas lâmpadas;
- Análise dos dados (quantitativa e qualitativa).

Resultados

Lâmpadas a vapor de sódio de 70 W

De acordo com os resultados das análises na coleta de campo, pode-se comprovar que as luminárias abertas, por diversos motivos, afetam a vida da lâmpada a vapor de sódio, assim como as luminárias fechadas, com instalação correta, preservam a lâmpada, fazendo com que supere a vida mediana estimada. Pode-se observar que 96% das lâmpadas a vapor de sódio instaladas na cidade 1 estão em funcionamento. Tivemos a certeza de que estas lâmpadas são originais do projeto, pois apresentam uma depreciação de fluxo mais acentuada que em outras cidades e a depreciação corresponde àquela informada pelo fabricante. Na cidade 2, mesmo as luminárias sendo fechadas, houve uma falha na instalação, pois não foi utilizado relé fotoelétrico incorporado na luminária, deixando a tomada exposta, permitindo a entrada de água para o interior da luminária.

TABELA 5 – EFICIÊNCIA MÉDIA DAS LÂMPADAS ORIGINAIS DO PROJETO (COM MAIS DE QUATRO ANOS DE USO)

| Cidade | Eficiência média das lâmpadas originais (lm/W) | Lâmpadas originais (%) |
|--------|--|------------------------|
| 1 | 72,18 | 96 |
| 2 | 67,25 | 58 |
| 3 | 70,93 | 60 |
| 4 | 70,29 | 28 |

Outro resultado que de certa forma contrariou algumas expectativas e informações usualmente difundidas, foi que a potência das lâmpadas diminui com o tempo de uso.

TABELA 6 – POTÊNCIA MÉDIA DAS LÂMPADAS ORIGINAIS (COM MAIS DE QUATRO ANOS DE USO) E NÃO ORIGINAIS DO PROJETO

| | Cidade 1 | Cidade 1 | Cidade 1 | Cidade 1 |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Tipo de luminária | Fechada | Fechada | Aberta | Aberta |
| Potência média (originais) - (W) | 62 | 66,5 | 58,4 | 64,9 |
| Potência média (não originais) - (W) | - | 68 | 62 | 66,4 |

Conclusões, recomendações e oportunidades de melhoria

- O tipo de luminária influencia a vida da lâmpada. Ficou evidente que a luminária fechada, corretamente instalada, mantém a característica de vida mediana da lâmpada.
- Confirmação dos dados do fabricante em relação ao desempenho e durabilidade das lâmpadas. Os dados disponibilizados pelos fabricantes quanto à vida mediana e à depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo foram confirmados com os dados obtidos de campo.
- Nos projetos novos devem-se utilizar unicamente lâmpadas e reatores com Selo Procel. Esta exigência foi uma das recomendações mais enfatizadas, com o objetivo de elevar a qualidade dos produtos, aumentando a possibilidade de ganhos diretos e indiretos com a implantação do projeto.
- Na manutenção, manter a especificação das lâmpadas utilizadas no ReLuz. A perenização dos projetos depende da continuidade da gestão da iluminação pública no município.
- Lançar o Selo Procel para luminárias a fim de qualificar mais os materiais prolongando a vida das lâmpadas.

Avaliação dos ganhos pós-implantação do Reluz

Este trabalho consiste em uma análise comparativa e avaliação dos ganhos pós-implantação dos sistemas eficientes de iluminação pública (antes e depois da execução).

Metodologia adotada

- Avaliação do projeto (antes e após às obras)
- Realização de levantamento das condições prévias antes da implantação do Projeto ReLuz.

Histórico

Para seleção das cidades a serem avaliadas, foi feita uma pesquisa daquelas que estavam na iminência da realização dos projetos.

Atividades realizadas

- Visitas às cidades antes, durante e após as obras;
- Avaliação do estado físico dos sistemas antigos;
- Instalação de registradores para avaliação da qualidade da energia fornecida;
- Realização de medições luminotécnicas noturnas em locais pré-definidos;

- Pesquisa do grau de satisfação e os benefícios obtidos com o Projeto (painel com 150 entrevistas em cada cidade);
- Avaliação da gestão da iluminação pública.

Resultados

Os resultados ainda são preliminares, pois não foi possível avaliar as cidades, em sua totalidade, até um ano depois da implantação do projeto. Este trabalho deve ser concluído até o segundo semestre de 2010. Os dados obtidos até o momento confirmam os benefícios diretos e indiretos do projeto.

Conclusões, recomendações e oportunidades de melhoria

Verificou-se a melhoria significativa do nível de iluminação comparado aos equipamentos instalados anteriores ao projeto. Em alguns casos, houve uma melhoria no nível de iluminância média em torno de 150%, entretanto, a uniformidade foi reduzida devido à maior diferença entre as zonas iluminadas daquelas em determinados locais do vão de medição que ficam menos iluminadas.

A pesquisa de satisfação da população até o momento confirmou a melhoria obtida com a substituição dos equipamentos e o aumento da sensação de segurança da população. Ainda será realizada a avaliação após um ano do sistema eficiente implantado para verificar se os índices de satisfação da população são mantidos.

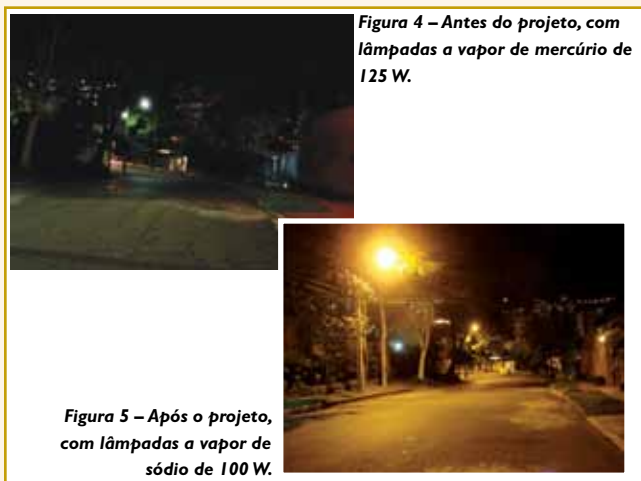


Figura 4 – Antes do projeto, com lâmpadas a vapor de mercúrio de 125 W.

Figura 5 – Após o projeto, com lâmpadas a vapor de sódio de 100 W.

* **LUCIANO HAAS ROSITO** é engenheiro eletricista, coordenador do Centro de Excelência em Iluminação Pública da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CEIP-PUC/RS) e da área de iluminação dos Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica, Calibração e Ensaios (Labelo/PUC-RS).

Para a realização deste trabalho, contamos com o apoio total de todas as prefeituras que foram avaliadas, das concessionárias de energia elétrica, do Cepel, da Puc/Rio e da Eletrobrás.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br