

Eixo Temático: Estratégia e Internacionalização de Empresas

**DIRETRIZES NORMATIVAS E LEGAIS PARA AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS
LED PELAS ADMINISTRAÇÕES MUNICIPAIS EM AMBIENTE SUSTENTÁVEL**

**NORMATIVE AND LEGAL GUIDELINES FOR ACQUISITION OF LED STREET
LIGHT LUMINAIRES FOR THE MUNICIPAL ADMINISTRATIONS IN
SUSTAINABLE ENVIRONMENT**

Ronaldo Silveira Funchal e Marco Antônio Dalla Costa

RESUMO

A aplicação da tecnologia LED na iluminação pública é recente no Brasil, o que provoca dúvidas na especificação, aquisição, viabilidade econômica e ambiental destes equipamentos. O presente trabalho descreve as principais características das luminárias LEDs, os requisitos técnicos e legais dentro da óptica sustentável. Uma metodologia para realizar este tipo de licitação é apresentada, a qual servirá de referência aos agentes públicos municipais envolvidos com a iluminação pública. Para fundamentar o estudo, é realizada a análise de viabilidade em que lâmpadas vapor de sódio são substituídas por lâmpadas de estado sólido em uma praça localizada na cidade de Três Passos-RS. Como principais resultados, verificaram-se a redução da fatura mensal de energia, maior durabilidade, menor manutenção, melhoria nos índices de luminosidade e benefícios ambientais como a redução dos gases de efeito estufa e de contaminação. Especificações básicas da luminária simulada são descritas para fins de aquisição e futura implantação.

Palavras-chave: Gestão Pública, Iluminação Pública, LED, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The application of LED technology in street lighting is recent in Brazil, which causes doubts in the specification, acquisition, economic and environmental viability. This paper describes the main features of LEDs lighting, technical and legal requirements within the sustainable perspective. It presents a methodology to carry out the bidding, serving as a reference to county public officials involved in public lighting. To support the study, the feasibility analysis is performed in which sodium vapor lamps are replaced by solid-state lamps in a square located in Três Passos-RS. The main results, there was a reduction of monthly bill of energy, greater durability, less maintenance, improvement in levels of brightness and environmental benefits such as reducing greenhouse gases and pollution. Basic specifications of the simulated lamp are described for the purpose of acquiring and future deployment.

Keywords: Public Management, Public Luminaires, LED, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação pública é um dos mais importantes equipamentos urbanos. O espaço público urbano bem iluminado proporciona a interação social noturna em parques, praças e áreas de alimentação ao ar livre, propicia o tráfego de pedestres e veículos com sensação de segurança, além de inibir a criminalidade.

Investindo em tecnologias que empreguem o uso racional da energia elétrica e reduzido impacto ambiental, o poder público municipal além de dar exemplo para a comunidade que percebe a adoção da iluminação eficiente, reduz o consumo de energia elétrica e evita o desperdício de recursos públicos, tão escassos nestes tempos.

Existem 5.570 municípios no Brasil, contando com cerca de 15 milhões de pontos de iluminação pública que consomem anualmente aproximadamente 12 bilhões de kWh, conforme a Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica (RCE, 2016).

Há, portanto, um enorme potencial para o emprego de tecnologias ecoeficientes, como as luminárias públicas LED, do inglês *Light Emitting Diode*, já consolidada em outros países, porém pouco disseminada no Brasil.

A implantação de iluminação pública LED exigirá das administrações públicas municipais o conhecimento das normas técnicas e legislações pertinentes, da especificação dos produtos LED, da melhor forma de aquisição e da recusa, além das modificações na maneira de efetuar a manutenção e no destino dos resíduos.

A contribuição deste trabalho é o de subsidiar os gestores e administradores públicos municipais, os profissionais da área técnica e de manutenção para implantação da iluminação pública com LEDs, descrevendo especificações e legislações brasileiras vigentes relacionadas ao tema. Apresenta-se um roteiro para a especificação desta tecnologia, incluindo um estudo de viabilidade, para que, prioritariamente, os pequenos municípios tenham referências para a aquisição de luminárias públicas LED. Com estes subsídios, as responsabilizações por inconsistências no processo licitatório e nos contratos administrativos ligados a este segmento, podem ser evitadas.

O trabalho tem por delimitação a análise das normas e legislações aplicáveis à licitação de luminárias pública LED, bem como da viabilidade econômica deste equipamento. Foge do escopo do mesmo o aprofundamento tecnológico do funcionamento do LED, do conversor e do projeto luminotécnico urbano.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL nº. 414/2010 estabelece as condições para o fornecimento de energia elétrica e define a iluminação pública como serviço público, sendo uma infraestrutura urbana essencial.

Com a resolução ANEEL nº. 479/2012 a transferência dos ativos para o serviço de iluminação pública passa totalmente a ser de responsabilidade dos municípios.

Para os municípios que se encontram nesta condição, os impactos operacionais são enormes, pois exigem a implantação de equipes de projetos de iluminação pública e manutenção, ferramental, treinamentos e veículos especiais para efetuar os serviços operacionais com segurança. E ainda, os ativos recebidos podem se constituir de luminárias e acessórios com tecnologia ultrapassada.

O caminho encontrado por muitos municípios é a terceirização e as Parcerias Público Privadas (PPP), mas que exigem uma gestão complexa que foge do alcance da maioria dos municípios brasileiros.

Segundo dados do IBGE, 88,37% dos municípios brasileiros possuem menos de 50.000 habitantes e, portanto, o tamanho das zonas urbanas é pequeno e conseqüentemente o número

de vias com iluminação pública também é reduzido (IBGE, 2016). No entanto, estas comunidades não possuem meios de viabilizar a modernização da iluminação pública, por não terem meios de financiamento, nem recursos humanos para elaboração dos projetos.

Uma saída é a implantação da Contribuição de Iluminação Pública. A resolução nº. 479/2012 estabelece que o custeio do serviço de iluminação pública será feito pela Contribuição de Iluminação Pública (CIP).

A contribuição tem por objetivo garantir a continuidade dos serviços pelo pagamento do consumo de energia elétrica do parque de iluminação pública instalado, da manutenção dos pontos existentes e da modernização e melhoramento do nível tecnológico objetivando a eficiência energética e contribuindo para a segurança do trânsito de veículos e pedestres.

A criação via lei municipal da CIP, com cálculo atuarial bem elaborado, é a saída para os pequenos municípios brasileiros, sem onerar em demasia os contribuintes locais.

Um dos instrumentos importantes para atendimento da transparência e do controle da sociedade é a lei de licitações. A lei nº. 8.666/1993 instituiu normas sobre licitações e contratos para obras, compras, permissões, alienações e serviços com objetivo de garantir a isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável.

Os procedimentos dos certames licitatórios para aquisição de luminárias públicas, equipamentos e acessórios deverão atender o que reza no art. 37 da Constituição Federal (CF, 1988), que preconiza os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório e do julgamento objetivo.

O combate ao desperdício de energia elétrica na iluminação pública, modernizando os pontos existentes, significa sensibilidade para a questão ambiental e de apoio aos princípios preservacionistas (ELETROBRÁS, 2004).

Uma das características deste uso final é que o funcionamento atinge todo o horário de ponta do sistema elétrico, ou seja, é o horário da demanda máxima do sistema. Este período é composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico (ANEEL, 2010).

Logo, ações que resultem na redução da carga neste período são interessantes para o sistema elétrico e benéfico para a conservação de energia. A utilização de tecnologias eficientes, como luminárias públicas LED que reduzem o impacto ambiental e colaboram para um modelo sustentável é desejável (CLEMENTINO, 2001).

A substituição de lâmpadas e luminárias obsoletas ou de elevado consumo de energia elétrica, evitará a intervenção frequente das equipes de manutenção, além de reduzir os valores das faturas de energia elétrica relativas à iluminação pública (ELETROBRÁS, 2004).

3 ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM LED COMO PRÁTICA SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade ocorre pela ação, com o desenvolvimento e a preservação ambiental. Ou seja, a sustentabilidade ocorre com medidas concretas.

O decreto federal nº. 7.746/2012 regulamenta a lei nº. 8.666/2012 e estabelece critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações públicas. Dentre as diretrizes, entre outras, estão “o menor impacto sobre os recursos naturais, maior vida útil e menor custo de manutenção, a origem ambientalmente legal de recursos naturais empregados em produtos, serviços e obras”. Este decreto determina que a especificação e exigências dos projetos de engenharia devem ter por prática empregar materiais que reduzam o impacto ambiental. A utilização da tecnologia LED atende estas exigências.

As lâmpadas atualmente empregadas na iluminação pública são em sua maioria de vapor de sódio de alta pressão (VASP) e multivapores metálicos (MVM), denominadas lâmpadas de descarga em gases.

As lâmpadas vapor de sódio de alta pressão produzem luz pela excitação de gases quando ocorre a passagem da corrente elétrica, sendo a pressão da ordem de 20 kN/m² no seu interior (GUERRINI, 2008). Neste valor de pressão, o espectro já se torna contínuo nas regiões amarelo dourada, semelhante a um corpo negro com temperatura de cor de 2.000 K e Índice de Reprodução de Cores (IRC) de 20%, permitindo a iluminação de exteriores, onde a fidelidade das cores não é essencial (MOREIRA, 1982).

Necessitam, para dar a partida, de reator e ignitor, utilizados para elevarem a tensão para 4.500 volts. A luz é produzida dentro de um tubo de descarga cerâmico com sódio em seu interior, com a adição de mercúrio para corrigir a cor (SILVA, 2002). A vida média destas lâmpadas é em torno de 24.000 h, com eficácia elevada de aproximadamente 120 lm/W, para maiores potências.

Já as lâmpadas multivapores metálicas têm o princípio de funcionamento semelhante aos das lâmpadas de vapor de sódio, porém a diferença mais significativa é que o tubo de descarga é de quartzo. O tubo de descarga é preenchido com mercúrio e outros elementos como tálio e índio, de tal forma que o arco elétrico ocorre numa atmosfera de vapores misturados - os multivapores metálicos produzindo uma luz branca e brilhante. A eficácia atinge 90 lm/W e apresenta boa composição espectral (SILVA, 2002).

Devido às altas tensões necessárias para a partida, também necessitam de ignitores e reatores eletromagnéticos (MOREIRA, 1982). A adição de iodetos de terras raras aumenta a reprodução de cores e a vida média varia de 8.000 a 15.000 h, o IRC chega a 90% e a temperatura de cor varia de 3.000 K a 6.000 K (GUERRINI, 2008).

Considerando que as lâmpadas de descarga empregam mercúrio na sua composição e como geralmente ocorre o descarte indevido, o impacto na contaminação do meio ambiente é preocupante.

Como as lâmpadas de sódio, concentram sua luz nos espectros amarelos, são facilmente reconhecidos pela retina quando ocorrer altos índices de luminosidade, denominado de visão fotópica.

Em ambientes noturnos, com baixa luminosidade, o olho humano adapta-se aos níveis de luz locais. Nas condições de penumbra a visão filtra o espectro amarelo e reconhece melhor os espectros azuis e verdes, sendo chamada de visão escotópica. Entretanto, em condições de iluminação noturna acontece a visão mesópica. Nesta condição, os níveis de iluminação são reduzidos se comparados com a luz do dia, mas melhores que os da penumbra. O emprego de tecnologias como lâmpadas LED é mais interessante neste tipo de ambiente noturno, pois o espectro de cores emitido se assemelha à da luz branca, permitindo uma melhor percepção dos objetos (GOLDEN, 2016).

Os LEDs de potência empregados em iluminação pública podem alcançar 60.000 horas de vida útil, mantendo até 80% da luminosidade nominal, com eficácia luminosa de 150 lm/W e para a luminária LED, atingem atualmente, 100 lm/W e tendem a aumentar. Essas características tornam os LEDs de potência muito interessantes para aplicação em sistemas de iluminação pública onde a redução do consumo e o custo de manutenção são significativos (LUZ, 2013).

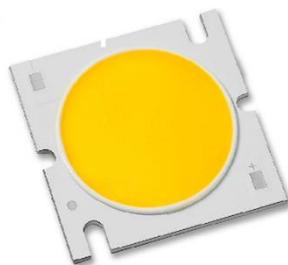
Os LEDs são compostos pela junção semicondutora *pn*, como um diodo convencional, portanto de estado sólido, diferentemente das lâmpadas de descarga. Na parte *p* apresenta, por tecnologia de dopagem, falta de elétrons (lacunas) e na parte *n* é dopada com excesso de elétrons.

Ao polarizarmos diretamente, ou seja, conectarmos uma fonte de tensão contínua com pólo positivo na camada *p* e o pólo negativo na camada *n*, as lacunas do lado *p* se recombina-

com os elétrons do lado n . A recombinação resulta na emissão de energia, pois os elétrons passam de uma camada de maior valência para a de energia inferior, emitindo fótons (luz) (BULLOUGH, 2003).

Na figura 1 é apresentado um exemplo de LED de potência utilizado em luminária pública. As dimensões físicas são muito menores que os de uma lâmpada de descarga, além de ser de estado sólido e não conter mercúrio.

Figura 1 – Exemplo LED de potência (100 W, encapsulamento COB, com eficácia de 130 lm/W e IRC 95) empregado em luminária pública.



Fonte: Lextar Electronics Corp. (2016).

Para ter alta qualidade na produção dos LEDs e evitar diferenças na reprodução de cores, faz-se necessário o processo denominado *binning* onde os LEDs são separados por lotes com características semelhantes, exigindo alta qualidade dos fabricantes.

Segundo Bender (2012), as luminárias públicas LEDs reduzem o desempenho quando instaladas em locais com altas temperaturas ambientais reduzindo a luz produzida e a vida útil, além de ocorrer alteração na temperatura de cor. Logo, a dissipação térmica deve ser bem projetada, fazendo com que o gerenciamento térmico seja muito importante.

O projeto dos conversores deve ser bem feito, pois como os LEDs são dispositivos controlados por corrente, quanto maior a corrente elétrica, maior o fluxo luminoso e consequente aumento térmico, reduzindo a durabilidade e a eficácia do LED (BENDER, 2012).

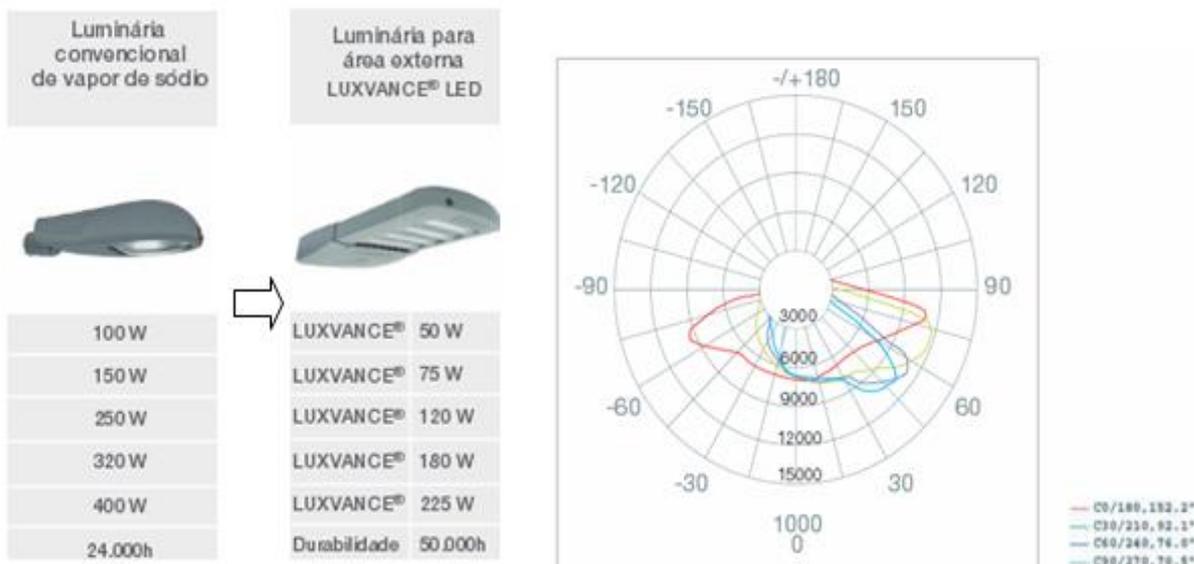
A comparação e equivalência entre as lâmpadas de descarga e LED que comumente são apresentadas, considerando simplesmente a potência, não são suficientes para a substituição pura e simples.

Para realizarmos a equivalência devemos considerar o fluxo luminoso, a eficiência energética e o ângulo de irradiação luminosa.

Na figura 2 é apresentada uma proposta de equivalência entre luminária pública LED e a luminária com lâmpada de sódio. Neste exemplo, o fabricante desconsiderou a necessidade de estudo luminotécnico da via, da distância entre os postes, da classificação da via e do ângulo de irradiação necessário, além de outras condições como arborização e obstáculos. É desejável utilizar um software específico para o projeto luminotécnico, como o DIALux® ou Relux®, que permite realizar simulações e modificações visando o melhor custo/benefício do projeto.

Na curva de distribuição, visualizada na figura 2, a luminária encontra-se no centro do diagrama polar onde as linhas representam a intensidade luminosa máxima na direção escolhida. A representação descreve uma curva que liga as extremidades dos vetores, permitindo distinguir a assimetria e a distribuição luminosa, como se fosse a identidade da luminária.

Figura 2 – Proposta de equivalência entre luminárias públicas de alta eficiência com lâmpadas vapor de sódio e luminária pública LED.



Fonte: OSRAM (2016).

O emprego de LEDs em iluminação viária a nível mundial é recente e em franca expansão, porém esta tecnologia apresenta vantagens e desvantagens (NOGUEIRA, 2013).

Podemos citar como vantagens:

- Menor consumo de energia na relação lumens/watt;
- Não contém mercúrio, sendo considerado produto ecologicamente sustentável;
- Alto índice de reprodução de cores;
- Maior vida útil;
- Menor custo operacional com redução de manutenção;
- Permite projetos da luminária com variados modelos e design;
- A tecnologia de estado sólido proporciona robustez à luminária.

Porém algumas desvantagens ocorrem, as quais poderão ser superadas no futuro:

- Alto custo de implantação;
- Necessidade de treinamento do pessoal da manutenção para o domínio da nova tecnologia que constantemente evolui;
- Componentes eletrônicos dos conversores com vida útil não equivalente ao da lâmpada LED;
- Necessidade de corrente contínua para o funcionamento dos LEDs;
- A temperatura da junção do diodo LED necessita ser mantida constante, necessitando de projeto de radiadores volumosos para refrigeração;
- O índice de nacionalização de diversos componentes é baixo;
- O alojamento da luminária é bem mais complexo em relação ao das luminárias de descarga e tem de ser bem projetado para atender os requisitos de temperatura e disposição dos componentes.

Apesar da longa vida estimada dos LEDs (entre 40.000 a 100.000 h), as fontes de alimentação empregam capacitores eletrolíticos na conversão da corrente alternada para contínua, os quais possuem baixa expectativa de vida (entre 5.000 a 10.000 h), reduzindo a durabilidade da luminária. Estudos realizados sobre a supressão dos capacitores eletrolíticos

das fontes conversoras que alimentam LEDs de potência já foram realizados. Técnicas de integração dos circuitos dos conversores permitem o emprego de capacitores de filme de longa vida possibilitando o aumento da vida global da luminária (ALONSO, et al, 2012).

São empregados na confecção dos LEDs uma gama de combinações de silício, gálio, índio, arsênio, nitrogênio e fósforo, não contendo mercúrio nem metais pesados. Os componentes eletrônicos utilizados para a fabricação dos conversores (fontes de energia), são transistores, capacitores, placas de fenolite para circuito impresso, cerâmicas, estanho, conectores de plástico e terminais de ferro zincado, materiais que são recicláveis. Para a luminária servem de matéria- prima a resina epóxi, chapas de alumínio, fios de cobre, fibra de vidro, lentes ópticas de plástico, ouro entre outros materiais (CCGC, 2016).

A lei nº. 12.305/2010 instituiu a política nacional de resíduos sólidos obrigando a instituição da logística reversa, em que o as lâmpadas fluorescentes, vapor de sódio, mercúrio e mista, devem retornar aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. No entanto, esta política é pouco obedecida, sendo comumente descartadas em aterros sanitários ou simplesmente entregues ao serviço público municipal de limpeza urbana. Segundo o documento sobre o diagnóstico preliminar sobre o mercúrio no Brasil, apenas 2% dos aparelhos eletrônicos são entregues para reciclagem (Ministério do Meio Ambiente, 2013).

As lâmpadas LEDs, por não conterem mercúrio, ficaram de fora desta lei, sendo considerado um produto sustentável.

4 REQUISITOS TÉCNICOS PARA ESPECIFICAÇÃO DE LUMINÁRIAS PÚBLICA VIÁRIA LED

A portaria nº. 478/2013 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO propôs o regulamento técnico da qualidade para luminárias com lâmpadas de descarga e LED, direcionada à iluminação pública viária. Apesar de não estar em vigor por motivo de consulta pública, esta portaria é uma excelente referência para que os entes públicos municipais a adotem, já que ela atende as normas nacionais e internacionais pertinentes à tecnologia LED. A tendência, na sua essência, é que a mesma venha ser aprovada, sendo utilizada para descrever os requisitos técnicos que deverão ser aplicados nas licitações (INMETRO, 2013).

No anexo II da referida portaria, são descritos os requisitos técnicos para luminária pública viária com lâmpadas LED. Este anexo é dividido em requisitos técnicos de segurança e requisitos técnicos de desempenho.

Nos requisitos técnicos de segurança, são estabelecidas condições de marcações na luminária e na embalagem, além da descrição do conteúdo a ser apresentado no folheto de instruções. Também são tratadas neste item, as condições da fiação interna e externa, a tomada para relé fotoelétrico, grau de proteção e descrição das juntas de vedação do compartimento da luminária. São estabelecidas as condições de operação, como altitude, temperaturas mínimas e máximas do ambiente, a umidade relativa do ar e a pressão do vento.

A portaria estabelece os requisitos de segurança especificando a forma de acondicionamento, do atendimento da legislação ambiental, das características elétricas e das especificações do controlador LED. As especificações de corrente de fuga, proteção contra choque elétrico e as características mecânicas, também estão descritas neste item.

Nos requisitos técnicos de desempenho, são citadas as características fotométricas de desempenho e dos ensaios para avaliação do tempo de vida do LED e de ciclagem térmica.

Também, quando das licitações, devem ser citados os atendimentos das normas ABNT NBR 15.129/2004 que trata dos requisitos particulares para luminárias públicas e da ABNT NBR 5.101/1992 que fixa requisitos mínimos para iluminação pública viária.

Estes requisitos normativos e legais são fundamentais para que o produto atenda o projeto elaborado e que a luminária pública LED tenha o desempenho esperado.

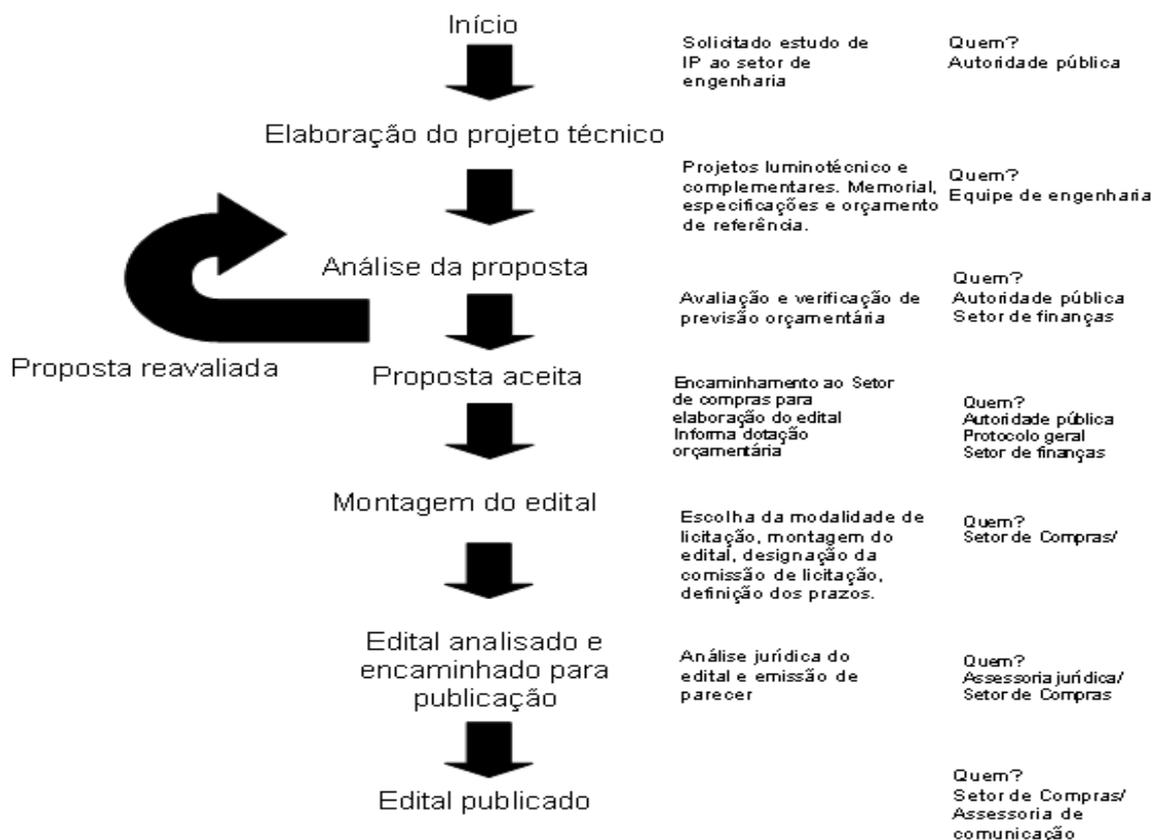
5 METODOLOGIA PARA AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS PÚBLICAS LED

Uma das dificuldades para realizar a licitação de luminárias pública LED, é o desconhecimento do processo licitatório. A licitação é o procedimento formal estabelecido pela Lei Federal nº. 8.666/1993. A licitação deve acontecer em sequência lógica, da identificação da necessidade de aquisição até a assinatura do contrato. É dividida em duas fases: interna e externa.

A fase interna ou preparatória é quando acontece a identificação de aquisição do objeto, da elaboração do projeto básico, da estimativa de contratação, da escolha da modalidade de licitação, da indicação da comissão de licitação e do estabelecimento do ato convocatório.

Na figura 3 é apresentada a metodologia que deverá ser seguida para adquirir, por licitação, luminárias públicas LED.

Figura 3 – Metodologia para licitação de luminária pública LED – fase interna



Fonte: autor, 2016

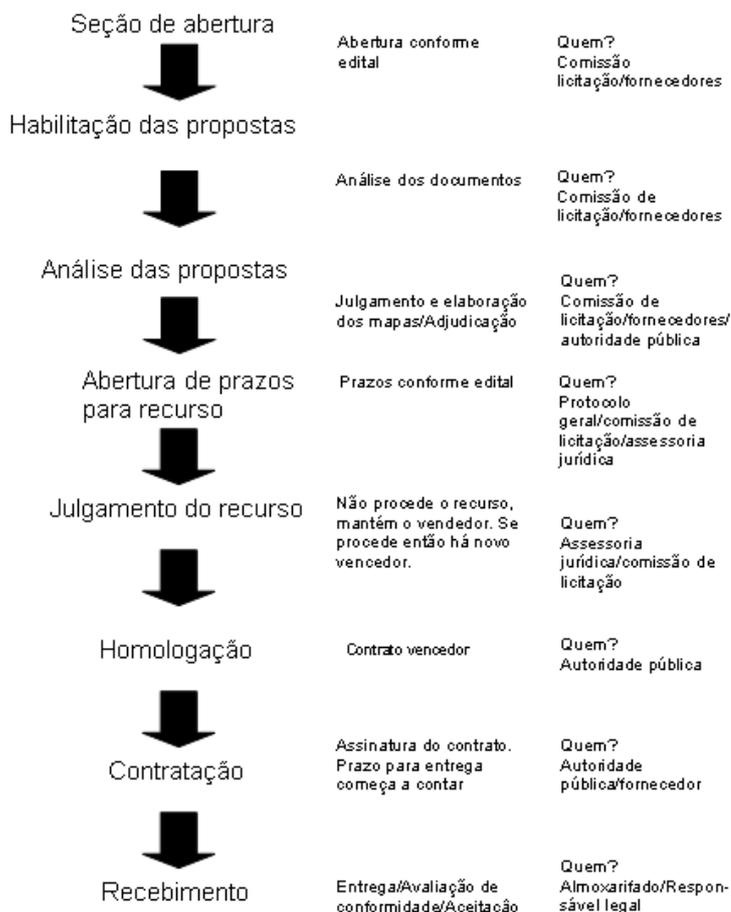
A fase interna inicia com a solicitação do estudo de viabilidade por parte da autoridade pública ao setor de engenharia da prefeitura. Os projetistas elaboram o projeto luminotécnico e projetos complementares, tais como redes de distribuição, subestações, cabearios, estruturas de postes entre outros.

O projeto deve conter memoriais, desenhos, orçamentos, laudos ambientais e demais documentações como a Anotação da Responsabilidade Técnica – ART. A proposta é avaliada pela autoridade que o requisitou e se não for aprovada deve ser feito novo estudo. Se a proposta

for aceita, será enviada ao setor de compras para verificar a dotação orçamentária e elaboração do edital, iniciando a fase externa.

A fase externa começa com a abertura da licitação conforme o edital e termina com a contratação do bem, execução da obra ou serviço. Na figura 4 é exibida a metodologia da fase externa para aquisição de luminária pública LED.

Figura 4 – Metodologia para licitação de luminária pública LED – fase externa



Fonte: autor, 2016

A comissão de licitação realiza a abertura do processo e a seguir é feita a análise da documentação. As propostas são avaliadas e ocorre o julgamento das mesmas. Com a elaboração do mapa que descreve os valores dos proponentes, é conhecido o vencedor. Abre-se prazo para recursos, conforme edital. Em seguida é realizada a homologação e contratado o vencedor. Após os prazos legais seguindo o edital, a luminária é recebida e verificada a conformidade pelo responsável.

É vedada a escolha, sem motivação, de marca ou modelo específico. Na fase de habilitação, é ilegal a exigência de laudos e ensaios técnicos para a comprovação de qualidade do produto. A administração pode exigir somente do classificado em primeiro lugar os ensaios e laudos técnicos e a apresentação de amostra, para comprovar a qualidade e as especificações do edital, conforme acórdão no. 538/2015 do Tribunal de Contas da União - TCU (TCU, 2014).

Em razão do princípio da isonomia, não é possível haver discriminação entre produtos estrangeiros e produtos nacionais, bem como restrição geográfica do fabricante ou fornecedor, salvo em caso de desempate. As normas internacionais, caso não tenha normalização nacional,

devem ser solicitadas, desde que sejam requisitos essenciais para o funcionamento do equipamento e não restritivas à concorrência.

A modalidade concorrência, registro de preços é muito interessante para a administração, pois é possível licitar um determinado número de luminárias, porém adquirir apenas parte, dependendo da disponibilidade de recursos.

O edital indicará o responsável pelo recebimento do objeto licitado, que deverá observar se os produtos estão dentro das especificações, sendo de sua responsabilidade a aceitação ou não, devendo formalizar esta etapa, por relatório à comissão, se for o caso.

6 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS PÚBLICAS LED PARA IMPLANTAÇÃO NA PRAÇA RENEU MERTZ NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS

O objetivo deste estudo de caso é o de analisar a viabilidade do projeto de iluminação pública com LED, adotando-se o processo de *retrofit* (modernização e adaptação tecnológica) na praça Reneu Mertz (figura 5) no município de Três Passos, Rio Grande do Sul.

Figura 5 – Praça Reneu Mertz – Local do estudo de viabilidade de modernização tecnológica.



Fonte: autor, 2016

Será avaliada a energia economizada, a redução da fatura de energia com a substituição das luminárias existentes pelas luminárias LEDs, o cálculo da redução de emissão de CO₂ de acordo com IPCC (2006), a análise econômica e o retorno do investimento (*payback*) conforme Hess (1983). A tarifa de energia ativa atual para a iluminação pública na área de concessão da Rio Grande Energia – RGE, é de R\$ 0,674896, não incluindo os impostos e a bandeira tarifária.

Esta tarifa será utilizada nos cálculos da fatura de energia, considerando o tempo médio de 12 horas de funcionamento por dia ou 4.368 horas por ano.

Adota-se para o cálculo de manutenção da luminária de sódio, a composição do custo do pessoal, do deslocamento, da depreciação dos equipamentos e do veículo com cesto e dos demais encargos, totalizando R\$ 85,00 por ponto.

Para reposição da luminária de sódio e dos equipamentos acessórios, o valor adotado é de R\$ 77,00. O valor da luminária pública LED é de R\$ 850,00, conforme orçamento realizado no comércio local.

Com relação à análise da emissão de CO₂, foi adotado o critério do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) devido ao fato do dióxido de carbono ser um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global.

Para o cálculo de emissão de dióxido de carbono equivalente, será adotada a equação 4, conforme IPCC ([IPCC](#), 2006).

Os fatores de emissão sugeridos na ferramenta são baseados em publicações reconhecidas internacionalmente, como os métodos do IPCC (2006) e da US-EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA).

$$E = \sum CE_m * FE_m \quad (1)$$

Em que:

E = emissão de CO₂, em toneladas.

CE_m = consumo total de energia elétrica do mês, em kWh.

FE_m = fator de Emissão do mês m, em tCO₂e/kWh - adotado o valor médio de 2015 (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2016): 0,1244 (tCO₂e/MWh).

6.1 Parâmetros das luminárias existentes

Atualmente são utilizadas 38 lâmpadas vapor de sódio de alta pressão, de cor amarelodourada que não reproduzem as cores da vegetação e dos equipamentos integrados à praça. Também ocorre a dificuldade na distinção da fisionomia dos usuários (figura 5).

As características básicas são:

- Tipo de lâmpada: vapor de sódio de alta pressão(VASP)
- Modelo: SON-E (OSRAM®)
- Potência: 250 Watts
- Temperatura de cor: 2.000 Kelvin
- Índice de Reprodução de Cores: 20
- Fluxo luminoso: 25.000 lumens
- Vida útil: 24.000 horas

6.2 Parâmetros das luminárias públicas LED

Para este estudo de viabilidade, é adotada a seguinte luminária pública LED:

- Tipo de lâmpada: LED 150 W COB (*chip on board*)
- Modelo: ZL-3375 (ZAGONEL®)
- Potência: 150 Watts
- Temperatura de cor: 5.000 Kelvin
- Índice de Reprodução de Cores: 80
- Fluxo luminoso: 14.619 lumens
- Vida útil: 50.000 horas

6.3 Análise energia economizada

O consumo de energia elétrica atualmente, para as 38 lâmpadas VASP, é de 3.467,5 kWh/mês e com a substituição por luminárias LED, o consumo passará para 2.080,5 kWh/mês. Com o *retrofit*, o consumo economizado será de 1.387 kWh/mês e a redução na fatura mensal será de R\$ 936,08 considerando a tarifa atual. Ao longo da vida útil da luminária LED de 11,45 anos, a energia economizada será de 190.057,38 kWh, com R\$ 10.726,36 de redução na fatura neste intervalo de tempo.

Pelo lado da energia economizada, é significativa a redução do consumo e da fatura mensal, o que é relevante para a aceitação da proposta de substituição.

6.4 Análise econômica da manutenção

A composição da manutenção do custo de manutenção das luminárias existentes (VASP) é de R\$ 162,00 por ponto. Comparando o tempo de vida útil da luminária LED, para equivaler o tempo de durabilidade das luminárias VASP, deverá ocorrer duas manutenções neste período correspondendo a R\$ 12.312,00.

Para manutenção da luminária LED, bastará realizar a limpeza do radiador com a retirada da poeira com objetivo de manter a troca térmica necessária ao bom funcionamento.

A redução do custo de manutenção demonstra ser um fator importante para fundamentar a opção pela luminária LED.

6.5 Análise do dióxido de carbono evitado

A produção de CO₂ anual com as 38 lâmpadas VASP, considerando a energia elétrica consumida de 3.467,5 kWh/mês ou de 41.040 kWh/ano, corresponderá à emissão de 5,1 tCO₂e por ano. Realizando a substituição por luminárias LED, a energia elétrica será de 2.052 kWh/mês que consomem 24.624 kWh/ano, a emissão passará para 3,1 tCO₂e por ano.

Haverá uma redução de 40% nas emissões, demonstrando a validade da substituição no quesito redução da emissão de dióxido de carbono.

6.6 Análise do tempo de retorno simples

O tempo de retorno simples, ou *payback*, é a técnica de determinação do prazo de retorno do investimento do projeto, sendo uma análise muito empregada em engenharia.

Considerando o valor de R\$ 850,00 por luminária pública LED (valor obtido no comércio) multiplicado pelo número de luminárias (38 unidades), teremos um investimento de R\$ 32.300,00. Considerando a energia economizada e a redução no custo de manutenção anual, teremos um tempo de retorno simples de 3 anos.

Apesar do tempo de retorno do investimento ser razoavelmente longo, devido ao alto custo do investimento inicial, a proposta pode ser considerada neste aspecto, viável.

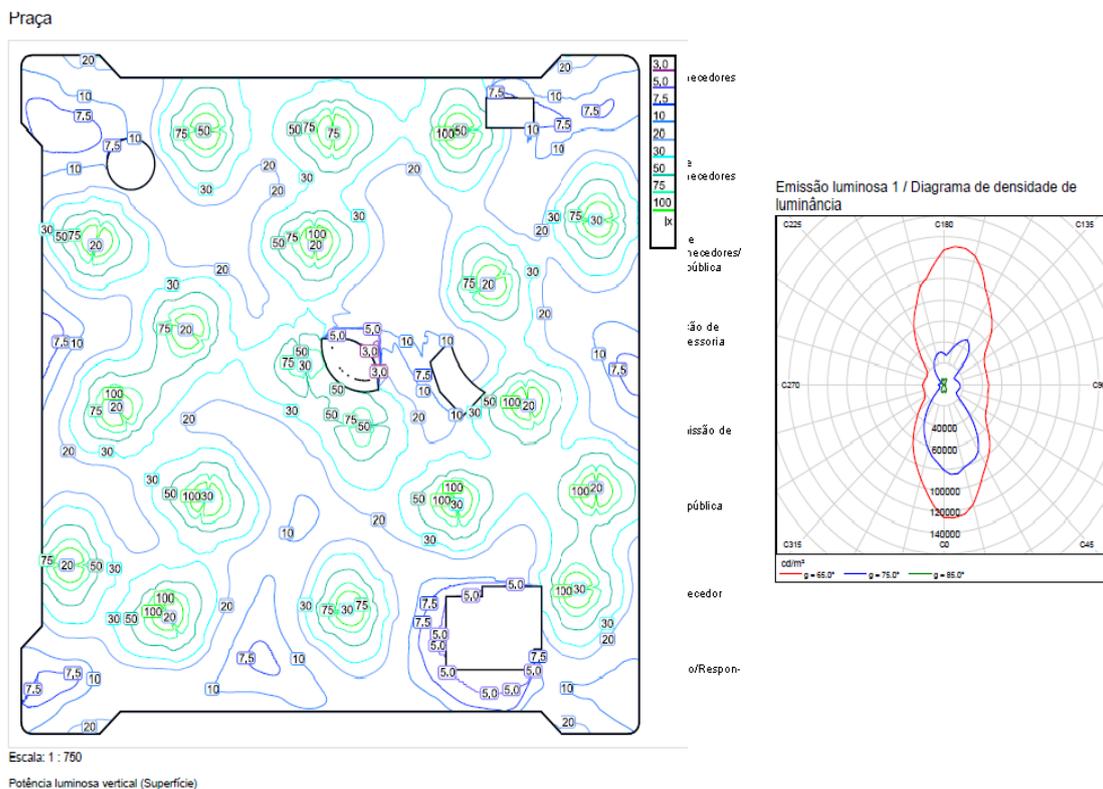
Sendo assim, o próximo passo é a especificação da luminária LED para efetuar a licitação.

6.7 Especificação da luminária LED para licitação:

A partir do projeto luminotécnico, a luminária deverá atender as seguintes normas a serem fixadas no edital: ABNT NBR 15.129:2012 (Luminárias para iluminação pública – requisitos particulares), ABNT NBR IEC 60.598-1:2010 (Requisitos gerais para ensaios), ABNT NBR 5.101:2012 (Iluminação Pública – Procedimentos).

Na figura 6 é apresentada a simulação da luminância da luminária especificada e o correspondente diagrama polar, demonstrando que ocorrerá substancial melhoria na luminosidade com a proposta.

Figura 6 – Simulação com *retrofit* e diagrama de densidade de luminância da luminária simulada - Praça Reneu Mertz – Três Passos – RS.



Fonte: Zagonel, 2016

Os dados básicos para aquisição da luminária pública LED são sugeridos a seguir:

- Fluxo luminoso (mínimo): 14.000 lumens
- Eficiência luminosa: superior a 90 lumens/watt (classe de eficiência A)
- Tensão de alimentação: 220 Volts, 60 Hertz
- Fator de potência: 0,92
- Tipo de luminária: classificação tipo V, distribuição média
- Grau de proteção: IP 65 para o compartimento ótico e IP 44 para o compartimento auxiliar.
- Índice de Reprodução de Cor: >80
- Vida útil: 50.000 horas
- Potência nominal: de acordo com a eficiência luminosa
- Temperatura de cor: 5.000 K
- Resistência mecânica: IK 08
- Garantia mínima: 5 anos
- Corpo da luminária em alumínio injetado com pintura eletrostática anti-UV
- Relé fotoelétrico embutido
- Tomada para relé fotoelétrico embutido
- Fixação para braço de 48 a 60,3 mm

Os ensaios fotométricos, mecânicos, térmicos e elétricos, somente serão exigidos da proposta vencedora.

7 CONCLUSÃO

Este artigo produziu uma sistematização do processo de aquisição de luminárias públicas LED, tecnologia em fase de expansão no Brasil. Apresenta aos agentes públicos, responsáveis técnicos e demais envolvidos nos processos licitatórios dos municípios, um resumo e referências técnicas para a especificação, aquisição e recebimento, conforme normas e legislações em vigor. Este documento abordou as principais normas e fundamentos legais para que os responsáveis pela implantação da tecnologia LED viária, tenham subsídios para garantir a aquisição de produto de qualidade e que atenda as normas e o interesse social.

O estudo apresentado demonstra a viabilidade da implantação de luminárias públicas LED, considerando a energia que será economizada, a redução dos custos de manutenção que ocorrerá e da melhoria na luminosidade. O tempo de retorno do investimento pode ser considerado elevado devido ao investimento inicial, mas a tendência com a expansão deste produto é da redução do custo. Utilizando-se dos recursos da Contribuição da Iluminação Pública – CIP, a proposta poderá ser expandida para as demais praças e vias públicas do município, necessitando no entanto, de estudo futuro mais amplo. A avaliação da redução das emissões totais de CO₂ e da utilização de materiais que não contém mercúrio, demonstram a importância sustentável da tecnologia LED.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15129**: luminárias para iluminação pública – requisitos particulares, Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 5101**: iluminação pública, Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15129**: luminárias para iluminação pública - requisitos particulares, Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR IEC 60598-1**: luminárias: parte 1: requisitos gerais e ensaios, Rio de Janeiro, 2010.

ALONSO, J. et al. **High-power-factor light-emitting diode lamp power supply without electrolytic capacitors for high-pressure-sodium lamp retrofit applications**. IET Power Electron. 2013, Vol. 6, Iss. 8, pp. 1502-1515, 2012. IET, 2013.

ANEEL. **Resolução Normativa nº. 414 de 2010**. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 12 de jun. 2016.

_____. **Resolução Normativa nº. 478 de 2012**. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012478.pdf>>. Acesso em: 15 de jun. 2016.

_____. **Resolução Normativa nº. 479 de 2012**. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>>. Acesso em: 12 de jun. 2016.

BENDER, V. C. **Metodologia de projeto eletrotérmico de LEDs aplicado ao desenvolvimento de sistemas de iluminação pública**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
BOULLOUGH, J. D. **Lighting answers: LED Lighting Systems. National Lighting Product Information Program**, 7, 2003. Disponível em: <<http://www.lrc.rpi.edu/nlpip/>>. Acesso em: 10 set. 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao/>. Acesso em: 12 jun. 2016.

_____. Decreto Federal nº. 7.746 de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7746.htm>. Acesso em: 12 jun. 2016.

_____. Lei Federal nº. 8.666 de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 10 jun. 2016.

_____. Lei Federal nº. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

CLEMENTINO, L. D. **A conservação de energia por meio da co-geração de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2001.

CCGC-CENTER ON GLOBALIZATION GOVERNANCE AND COMPETITIVENESS

Disponível em:

<http://www.cggc.duke.edu/environment/climatesolutions/greeneconomy_Ch1_LEDLighting.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2016.

ELETOBRÁS Centrais Elétricas Brasileiras. **Gestão Energética Municipal - Guia Técnico Procel**. Rio de Janeiro: 2004.

GOLDEN. **Segurança na iluminação pública**. Disponível em:

<<http://www.golden.blog.br/seguranca-na-iluminacao-publica/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

GUERRINI, D. P. **Iluminação-Teoria e Projeto**. São Paulo: Érica, 2008.

HESS, G. et al. **Engenharia econômica**. São Paulo: DIFEL, 1983.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para Luminárias para Lâmpadas de Descarga e LED - Iluminação Pública Viária.** Disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002031.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE CLIMATIC CHANGE: THE SCIENTIFIC BASIS. **IPCC 2006/2007.** Houghton J. T. et al., 2007. Disponível em:

<<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

LEXTAR ELECTRONICS CORPORATION. Disponível em:

<<http://lextar.com/?sn=90&lang=en-US&c=111>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

LUZ, P. C. V. **Sistema eletrônico isolado com elevado fator de potência e reduzidas capacitâncias para alimentação de LEDs aplicado à iluminação pública.** 2013.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Fatores de Emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos.** Disponível em:

<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico preliminar do mercúrio no Brasil.**

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/mercurio>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

MOREIRA, V. de A. **Iluminação e fotometria – teoria e aplicação.** São Paulo: Blücher, 1982.

NOGUEIRA, F. J. **Avaliação experimental de luminárias empregando LEDs orientadas à iluminação pública.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

OSRAM. **Catálogo OSRAM lâmpadas e luminárias LED.** Disponível em:

<<http://www.osram.com.br/media/resource/HIRES/544800/13873763/catalog-osram-led-lamp-and-luminaire--2015-br-pt.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

RCE-REDE CIDADES EFICIENTES. **Iluminação Pública.**

Disponível em: <<http://www.rce.org.br/rce/ip.html>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SILVA, M. L. da. **Luz, lâmpadas e iluminação.** Porto Alegre: Pallotti, 2002.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Governança Pública: referencial básico de governança aplicável à órgãos e entidades da administração pública e ações indutoras de melhoria.** 2014. Brasília: TCU, 2014.

ZAGONEL. **Iluminação pública.** Disponível em:

<<http://www.zagonel.com.br/produtos/13/5/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

